



Mestrado em Engenharia Civil

---

***NZEB: Nearly Zero Energy Building***  
**Metodologias para Implementação NZEB**  
**Aplicação a Edifício Unifamiliar Novo**

Tese apresentada para a obtenção do grau de  
Mestre em Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

**Autor**

**Pedro André Cardoso dos Santos**

**Orientadores**

**Professor Doutor Eduardo Natividade**

Professor do Departamento de Engenharia Civil

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Professor Mestre Ivan Simões**

Professor do Departamento de Engenharia Civil

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Instituto Politécnico de Coimbra

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Coimbra, fevereiro, 2017**



*“A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o  
uso que deve fazer do seu próprio conhecimento”*

*Platão*





## AGRADECIMENTOS

Quero dedicar este espaço a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta dissertação, às quais manifesto os meus maiores e mais sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus orientadores, Eng.º Eduardo Natividade e Eng.º Ivan Simões, por todo o apoio, sugestões e críticas sempre construtivas ao longo da realização deste trabalho.

Um agradecimento ao Arq.º João Silva por ter facultado o projeto de arquitetura essencial para o estudo apresentado neste trabalho e por toda a sua disponibilidade em explicar os pormenores do mesmo.

Quero agradecer a todos os meus amigos e colegas, pelos conselhos, companhia e momentos de boa disposição proporcionados ao longo de todo o meu percurso académico. Não poderei deixar de agradecer a todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Civil do ISEC.

Quero agradecer à VAGAeng, Consultores Associados, Lda., nomeadamente à Eng.ª Celsa Vieira e ao Eng.º Diogo Mateus por me terem proporcionado experiência de trabalho e inculcido o gosto e paixão pela Engenharia Civil, e por toda a disponibilidade e compreensão, tendo sido fundamental para o meu sucesso académico.

Aos meus pais, à minha irmã e à restante família, quero agradecer todo o incitamento, compreensão, paciência, apoio e carinho que me deram e têm dado em toda a minha vida.

À minha esposa Patrícia, por ter sido o pilar que suportou todos os momentos bons e menos bons do meu percurso académico e profissional. Por estar sempre ao meu lado, por todos os incentivos, todo o amor e paciência que tem demonstrado, principalmente nos momentos mais difíceis.

A todos, o meu mais sincero agradecimento.



## RESUMO

A forte preocupação ambiental, nomeadamente a emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE), aliada à constante ameaça do esgotamento dos combustíveis de origem fóssil, leva à necessidade de consumir energia de forma mais eficiente. É neste sentido, que surge a promoção da eficiência energética nos diversos sectores consumidores de energia em todo o mundo.

Os edifícios e a melhoria da eficiência energética são uma componente chave no caminho da União Europeia (UE) para um novo paradigma energético. Com vista à redução do consumo de energia no parque edificado europeu, a EU publicou a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios. Esta Diretiva introduziu o conceito de *Nearly Zero Energy Building* (NZEB), isto é, edifícios cujo balanço energético anual seja quase nulo. Os NZEB serão edifícios de elevada eficiência energética, não só devido ao reduzido consumo de energia em relação aos edifícios convencionais, mas também devido à existência de sistemas de produção de energia renovável local que satisfaçam grande parte das suas necessidades energéticas. A Diretiva estabelece um quadro muito geral da implementação dos NZEB, solicitando aos Estados Membros a elaboração das suas abordagens nacionais e planos de implementação. A variedade dessas abordagens impossibilita a agregação numa única definição de NZEB, sendo uma temática muito flexível. A definição que consta na Diretiva tem um significado teórico simples de compreender, no entanto, em termos práticos poderá ser de difícil implementação. Estas dificuldades consistem em: definir o limite numérico de necessidades energéticas do edifício; definir qual a percentagem de energia proveniente de fontes renováveis para suprir as baixas necessidades energéticas do edifício; e definir qual o raio de distância mínimo para as proximidades, no que diz respeito à produção deste tipo de energia.

O caso prático apresentado na presente Dissertação mostrou que para se atingir elevados níveis de eficiência energética é necessário a adoção de soluções construtivas altamente eficientes e que os sistemas técnicos recorram a fontes de energia renovável.

## PALAVRAS-CHAVE

NZEB; Edifícios; Energia; Eficiência Energética; Energias Renováveis.



**ABSTRACT**

The strong environmental concern, specifically the emission of greenhouse gases (GHG), attached to the constant threat of depletion of fossil fuels, leads to the necessity to consume energy in a more efficiently way. In this sense, there is the promotion of energetic efficiency in the various energy consuming sectors around the world.

The improvement of energetic efficiency and the buildings are a component key in the European Union's (EU) path towards to a new energetic paradigm. To reduce energetic consumption in the European built-up park, the EU has published Directive 2010/31 / EU on the energy performance of buildings. This Directive introduced the Nearly Zero Energy Building (NZEB) concept, this is, buildings whose annual energy balance is almost zero. NZEBs will be highly energetic efficient buildings, not only because of the reduced energy consumption compared to conventional buildings, but also due to the existence of local renewable energy production systems that satisfy most of their energetic requirements. The Directive establishes a very general framework for the implementation of NZEB, requesting Member States to draw up their national approaches and implementation plans. The wide variety of these approaches makes it impossible to aggregate into a single definition of NZEB, being a very flexible topic. The definition in the Directive has a simple theoretical meaning to understand, however, in practical terms it may be very difficult to implement. These difficulties are in defining the numerical limit of energetic requirements of the building, define the percentage of energy from renewable sources to meet the low energetic requirements of the building and define how close it is "in the vicinity", about the production of this type of energy.

The practical case presented in this document has shown that, in order to achieve high levels of energetic efficiency, highly efficient building solutions and technical systems must use renewable energy sources.

**KEY-WORDS**

NZEB; Buildings; Energy; Energetic Efficiency; Renewable Energies.



## ÍNDICE

1. Introdução Geral .....	3
1.1. Enquadramento e Motivação.....	3
1.2. Objetivo.....	4
1.3. Organização da tese.....	4
2. Política Energética e Evolução Legislativa.....	9
2.1. Principais Conferências Internacionais sobre o Ambiente.....	9
2.2. Panorama Energético Europeu .....	13
2.2.1. Dependência Energética a Nível Europeu e a Nível Nacional .....	19
2.3. Política Europeia: Edifícios e Energia .....	22
2.4. Legislação Portuguesa: Edifícios e Energia .....	28
2.4.1. Sistema de Certificação Energética de Edifícios .....	32
2.4.2. Incentivos à Reabilitação Energética de Edifícios.....	40
3. Edifícios de Energia Quase Nula .....	45
3.1. Definição do Conceito NZEB .....	45
3.2. Estado Atual da Implementação do Conceito NZEB nos Diferentes Estados-Membros .....	51
3.3. Definição NZEB em Portugal .....	54
3.4. Nível Ótimo de Rentabilidade.....	58
4. Caracterização de Tecnologias e Soluções Construtivas Eficientes .....	63
4.1. Orientação dos Edifícios .....	63
4.2. Isolamentos Térmicos .....	64
4.3. Inércia Térmica .....	66
4.4. Envolvente dos Edifícios.....	67
4.4.1. Paredes .....	68

4.4.2.	Coberturas .....	73
4.4.3.	Pavimentos .....	76
4.4.4.	Vãos Envidraçados.....	77
4.5.	Sistemas de Ventilação.....	81
4.5.1.	Sistema Ventilação Natural.....	82
5.4.2.	Sistemas de Ventilação Mecânica.....	83
4.5.3.	Sistema de Ventilação Mista.....	84
5.	Sistemas para Aproveitamento de Fontes de Energia renováveis .....	87
5.1.	Energia Solar .....	87
5.1.1.	Sistemas Solares Térmicos .....	87
5.1.2.	Sistemas Solares Fotovoltaicos.....	92
5.2.	Sistemas Eólicos.....	94
5.3.	Sistemas de Biomassa .....	96
6.	Caso de Estudo.....	103
6.1.	Requisitos de Projeto.....	103
6.2.	Caracterização do Edifício .....	104
6.3.	Caracterização dos Espaços Não Úteis .....	107
6.4.	Definição da Envolvente .....	108
6.5.	Caracterização das Soluções Construtivas .....	112
6.5.1.	Envolvente Opaca Vertical .....	113
6.5.2.	Envolvente Opaca Horizontal .....	114
6.5.3.	Pontes Térmicas Lineares .....	115
6.5.4.	Vãos Envidraçados.....	117
6.6.	Determinação da Classe de Inércia Térmica .....	117
6.7.	Sistema de Ventilação .....	119
6.8.	Sistemas Técnicos de Aproveitamento de Fontes de Energias Renováveis.....	120



---

6.8.1.	Bomba de Calor Aerotérmica .....	120
6.8.2.	Recuperador de Calor .....	121
6.8.3.	Sistema Solar Térmico para preparação de AQS.....	122
6.8.4.	Sistema Solar Fotovoltaico .....	122
6.8.5.	Sistema Eólico .....	123
6.9.	Resultados .....	124
7.	Conclusões .....	131
Referências Bibliográficas .....		III
Anexos .....		XIII
Anexo 1 – Tabela com a visão de cada país na UE28 dos principais aspetos relacionados com as definições nacionais NZEB .....		XIII
Anexo 2 – Fichas das Soluções Construtivas da Envolvente Opaca .....		XVIII
Anexo 3 – Aplicação LNEC Para o Cálculo da Ventilação.....		XLIV
Anexo 4 – Relatório do Sistema Solar Térmico .....		XLV
Anexo 5 – Relatório do Sistema Solar Fotovoltaico.....		XLVII
Anexo 6 – Folhas de Cálculo ITeCons do Balanço Energético da Moradia Unifamiliar .....		XLVIII
Anexo 7 – Pré-Certificado Energético .....		LIX



## ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1: Cronologia dos acontecimentos mais significativos no âmbito do clima, alterações climáticas e desenvolvimento sustentável (adaptado e alterado a partir de Torgal, 2010) [2].....	10
Figura 2.2: Evolução do consumo de energia final na UE a 28 países, expressa em Mtep. Fonte: Dados Eurostat [42]. .....	14
Figura 2.3: Consumos de energia final equivalente de petróleo, para o ano de 2014, nos diferentes EM (fonte: Eurostat) [42].....	15
Figura 2.4: Evolução do consumo de energia final em Portugal, expressa em Mtep. Fonte: Dados Eurostat [42]. .....	15
Figura 2.5: Percentagem dos consumos de energia final equivalente de petróleo na UE 28 países para os diferentes setores (fonte: Eurostat, 2016) .....	16
Figura 2.6: Evolução do consumo de energia final na UE a 28 países nos diferentes setores de atividade, expressa em Mtep. Fonte: Dados Eurostat [42].....	17
Figura 2.7: Evolução do consumo de energia final em Portugal nos diferentes setores de atividade, expressa em Mtep. Fonte: Dados Eurostat [42]. .....	17
Figura 2.8: Percentagem dos consumos de energia final equivalente de petróleo em Portugal para os diferentes setores (fonte: Eurostat, 2016) .....	18
Figura 2.9: Percentagem dos consumos de energia final equivalente de petróleo no ano de 2014 em Portugal para os diferentes setores (fonte: Eurostat, 2016) .....	18
Figura 2.10: Evolução da dependência energética de Portugal e da UE 28 países (Fonte: Eurostat 2016 [42]).....	20
Figura 2.11: Evolução da dependência energética nacional comparada com a evolução da produção de fontes de energia Hídrica e Eólica [11]. .....	20
Figura 2.12: Evolução das emissões de GEE no setor da Energia (Mton CO <sub>2</sub> eq.) [11]...21	
Figura 2.13: Dependência energética na EU-28 no ano de 2014 (Fonte: Eurostat 2016 [42]. .....	22

Figura 2.14: Evolução do consumo de energia e do PIB na UE no período de 1995 a 2013 [6].	27
Figura 2.15: Co-benefícios das políticas de eficiência energética [22].	28
Figura 2.16: Portarias e Despachos associados ao Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto [20].	30
Figura 2.17: Evolução da emissão de certificados energéticos em Portugal entre 2008 e 2014 [29].	32
Figura 2.18: Três formas de exibir o Certificado Energético, em três tamanhos diferentes [45].	33
Figura 2.19: Exemplo de como o Certificado Energético exibe a classificação da qualidade dos elementos da envolvente do edifício [44].	34
Figura 2.20: Informação acerca dos elementos da envolvente do edifício onde ocorrem perdas e ganhos de calor [44].	34
Figura 2.21: Fases de apresentação dos Pré-Certificados Energéticos e dos Certificados Energéticos [20].	34
Figura 2.22: Evolução do desempenho energético dos edifícios por período de construção [33].	37
Figura 2.23: Distribuição das classes energéticas relativas aos certificados energéticos emitidos no período compreendido entre dezembro de 2013 e abril de 2016 e respeitantes aos edifícios de tipologia habitação [34].	38
Figura 2.24: Distribuição da incidência das medidas de melhoria dos certificados energéticos emitidos até ao final de 2012 [20].	39
Figura 2.25: Distribuição das medidas de melhoria – Edifícios de Habitação (DL 118/2013) – dados até 31 de dezembro de 2014 [35].	39
Figura 3.1: Representação de uma possível definição de NZEB [40].	46
Figura 3.2: Relação entre as necessidades de energia de dois edifícios e a sua produção de energia renovável (adaptado [41]).	47
Figura 3.3: Metodologia para alcançar o estatuto de NZEB [41].	48
Figura 3.4: Redução das necessidades energéticas dos edifícios [41].	48

Figura 3.5: Esquema de princípio de uma Passive House [46].....	49
Figura 3.6: ROADMAP para a implementação dos NZEB (adaptado de BPIE 2015) [41]. .....	51
Figura 3.7: Mapa europeu do estado da definição NZEB para os novos edifícios nos diversos EM [41].....	53
Figura 3.8: diferentes variantes (1 a 6) e posição do intervalo de rentabilidade ótima [48]. .....	58
Figura 4.1: Radiação solar diária no inverno (à esquerda) e no verão (à direita). [50] .....	63
Figura 4.2: Tipos de paredes construídas em Portugal e a percentagem de edifícios por tipo de parede. [57] .....	68
Figura 4.3: Pormenor construtivo do sistema ETICS. Adaptado de [57] .....	69
Figura 4.4: Pormenor construtivo de uma fachada ventilada. [61] .....	71
Figura 4.5: Esquema do fluxo de ar numa fachada ventilada. [63] .....	71
Figura 4.6: Museu do Quai Branly em Paris, França. [65] .....	72
Figura 4.7: Fachada verde: sistema tipo trepadeira. [67] .....	72
Figura 4.8: Fachada verde: sistema do tipo modular. [68] .....	72
Figura 4.9: Tipos de coberturas existentes nos edifícios em Portugal. [69] .....	73
Figura 4.10: Pormenor construtivo tipo de uma cobertura plana tradicional. Adaptado de [71].....	74
Figura 4.11: Pormenor construtivo tipo de uma cobertura plana invertida. Adaptado de [71] .....	75
Figura 4.12: Pormenor construtivo tipo de uma cobertura verde. [73].....	75
Figura 4.13: Pormenor construtivo tipo de um pavimento exterior ou em contacto com ENU. ....	76
Figura 4.14: Pormenor construtivo tipo de um pavimento térreo. ....	76
Figura 4.15: Representação esquemática do fator solar dos vidros. [20] .....	77
Figura 4.16: Caracterização da Etiqueta Energética de Janelas. [76] .....	80

Figura 4.17: Representação esquemática de um sistema de ventilação natural. [77] .....	82
Figura 4.18: Representação esquemática de um sistema de ventilação mecânica. [77] ....	83
Figura 4.19: Representação esquemática de um sistema de ventilação mecânica. [77] ....	84
Figura 5.1: Torre solar – central solar de alta temperatura [78] .....	88
Figura 5.2: Representação de como será a instalação da Ashalim (central solar térmica – torre solar) pronta, no deserto israelense do Neguev. [79] .....	88
Figura 5.3: Representação esquemática do sistema Stirling. [80] .....	89
Figura 5.4: Sistema solar térmico Stirling. [81].....	89
Figura 5.5: Representação esquemática do sistema de coletores solares cilíndricos. [82] 89	
Figura 5.6: Figura 5.7: Sistema solar térmico de coletores solares cilíndricos. [83] .....	89
Figura 5.8: Sistema solar térmico do tipo termossifão. [84].....	91
Figura 5.9: Sistema solar térmico individual do tipo circulação forçada. [84].....	91
Figura 5.10: Unidades de Pequena Produção (UPP). [88].....	93
Figura 5.11: Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC). [88].....	93
Figura 5.12: Energia eólica: Sistema de eixo horizontal. [89].....	95
Figura 5.13: Energia eólica: sistema de eixo vertical. [90].....	95
Figura 5.14: Ciclo do Carbono. [94].....	97
Figura 6.1: Fachadas Norte e Este. ....	105
Figura 6.2: Fachada Norte.....	105
Figura 6.3: Fachada Oeste.....	106
Figura 6.4: Fachada Sul. ....	106
Figura 6.5: Legenda de cores e tramas que identificam em planta a envolvente térmica do edifício. ....	109
Figura 6.6: Planta do piso -1 com a delimitação da envolvente ao nível do piso.....	109
Figura 6.7: Planta do piso 0 com a delimitação da envolvente ao nível do piso. ....	110
Figura 6.8: Planta do piso 0 com a delimitação da envolvente ao nível do teto.....	111

Figura 6.9: Planta do piso 1 com a delimitação da envolvente ao nível do teto.....	111
Figura 6.10: Determinação do contributo de energia renovável da bomba de calor através de software SCE.ER da DGEG.....	121
Figura 6.11: Determinação do contributo de energia renovável do sistema eólico através de software SCE.ER da DGEG. ....	123





## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Principais Normas Europeias usadas no cálculo do desempenho energético dos edifícios.....	26
Quadro 2.2: Principais Diretivas Europeias relacionadas com o setor da energia e/ou edifícios.....	27
Quadro 2.3: Pacote legislativo português referente à eficiência energética dos edifícios, publicado em 2006 [25], [26] e [27]. ....	29
Quadro 2.4: –Intervalos de valor de $R_{Nt}$ para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação [31]. Colona da direita contém a Etiqueta Energética usada no SCE [32]. ....	37
Quadro 3.1: Requisitos da Passive House.....	50
Quadro 3.2: Convergência para NZEB para a Dinamarca e Eslováquia: Consumo de energia primária máxima em kWh/m <sup>2</sup> .ano para edifícios de habitação unifamiliares [41].....	52
Quadro 3.3: Requisitos incluídos na metodologia de cálculo da eficiência energética dos edifícios [44]. ....	55
Quadro 3.4: Evolução dos requisitos mínimos do valor de U para edifícios habitacionais [44]. ....	55
Quadro 3.5: Indicadores de desempenho energético e correspondentes requisitos para edifícios de habitação novos e existentes [44]. ....	56
Quadro 3.6: Níveis ótimos de rentabilidade para edifícios residenciais [44]. ....	59
Quadro 4.1: Propriedades termofísicas de alguns isolantes térmicos tradicionais. [51] [52] .....	64
Quadro 4.2: Fatores solares máximos admissíveis. [28].....	78
Quadro 6.1: dados geográficos e climáticos do edifício em análise. ....	105
Quadro 6.2: caracterização dos espaços que compõem a habitação em análise. ....	106
Quadro 6.3: Determinação do coeficiente de redução de perdas (btr) dos espaços não úteis. ....	108

Quadro 6.4: Caracterização das soluções construtivas da envolvente opaca vertical.....	113
Quadro 6.5: Caracterização das soluções construtivas da envolvente opaca horizontal.	114
Quadro 6.6: Caracterização das pontes térmicas lineares exteriores. ....	116
Quadro 6.7: Caracterização das pontes térmicas lineares da envolvente interior.....	116
Quadro 6.8: Caracterização dos vãos envidraçados exteriores.....	117
Quadro 6.9: Cálculo da Classe de Inércia Térmica.....	118
Quadro 6.10: Indicadores na estação de aquecimento – Coeficientes de Transferência de Calor.....	124
Quadro 6.11: Indicadores na estação de arrefecimento – Ganhos Térmicos.....	125
Quadro 6.12: Indicadores de Desempenho. ....	125
Quadro 6.13: Indicadores Energéticos.....	126

## LISTA DE ABREVIATURAS

ADENE – Agência para a Energia;

AQS – Águas quentes sanitárias;

BPIE – *Buildings Performance Institute Europe*;

$b_{tr}$  – Coeficiente de redução de perdas;

CE – Comissão Europeia;

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono;

COP21 – 21ª Conferência das partes da Convenção Quadro das nações Unidas sobre as Alterações Climáticas;

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia;

EM – Estados Membro da União Europeia;

ENU – Espaço não útil;

EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive* (Diretiva 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios);

EPBD RECAST – *Energy Performance of Buildings Directive* (Diretiva 2010/31/UE que reformula a Diretiva 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios);

$g$  – Fator solar;

$g_T$  – Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção solar ativos;

GEE – Gases com efeito estufa;

GES – Grande Edifício de Comércio e Serviços;

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas);

IUCN – *The International Union for Conservation of Nature* (União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais);

Mtep – Milhões de toneladas equivalentes de petróleo;

$N_{tc}$  – Necessidades nominais anuais de energia primária;

- $N_t$  – Valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária;
- $N_{ic}$  – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento;
- $N_i$  – Valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento;
- $N_{vc}$  – Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento;
- $N_v$  – Valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento;
- ONU – Organização das Nações Unidas;
- PES – Pequeno Edifício de Comércio e Serviços;
- $Q_a$  – Energia útil para preparação de águas quentes sanitárias;
- RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
- RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços;
- REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;
- RESP – Rede Elétrica de Serviço Público;
- RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;
- SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios;
- $U$  – Coeficiente de transmissão térmica expresso em  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ;
- UNEP – *United Nations Environment Programme* (Programa das Nações Unidas para o Ambiente);
- UNESCO – Organização das nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura;
- UPAC – Unidades de Produção para Autoconsumo;
- UPP – Unidades de Pequena Produção;
- WWF – *World Wildlife Fund* (associação para angariação de fundos com objetivo de proteção da natureza e meio ambiente);
- $W_{vm}$  – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores;
- $\lambda$  – Coeficiente de condutibilidade térmica expresso em  $W/m \cdot ^\circ C$ ;
- $\varepsilon_n$  – Emissividade;
- $\psi$  – Coeficiente de transmissão térmica linear expresso em  $W/m \cdot ^\circ C$ ;

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO GERAL



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O presente capítulo pretende enquadrar o tema deste trabalho de Dissertação, realçando o que o motivou e os principais objetivos pelo qual se regeu. Pretende-se ainda neste capítulo realizar uma abordagem geral à estrutura e organização deste documento.

### 1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

Ao longo da história, as necessidades de consumo de energia têm verificado um aumento progressivo, principalmente após a revolução industrial do século XIX. O consumo de energia tem sido feito através da queima de matérias-primas tais como a madeira, o carvão, o petróleo (o mais procurado) e mais recentemente o gás natural. O crescimento do consumo energético implica um aumento da combustão destas matérias-primas, provocando graves problemas ambientais ao planeta resultantes da emissão de gases de efeito estufa, nomeadamente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A concentração atual de CO<sub>2</sub> na atmosfera é uma real ameaça à estabilidade e equilíbrio do planeta, tornando-se fundamental reduzir os consumos energéticos e promover o consumo de energias alternativas de origem renovável.

A escassez do petróleo, aliada à dependência de um pequeno grupo de países produtores, são responsáveis por problemas de abastecimento energético de vários países que, tais como Portugal, são muito dependentes do exterior, estando mais vulneráveis às flutuações de mercado desta matéria-prima.

O aumento do consumo energético mundial das últimas décadas está relacionado em grande parte com o aumento das exigências sociais relativamente à qualidade de vida, sobretudo nos países em desenvolvimento, notando-se um ligeiro abrandamento do consumo nos países mais ricos.

O setor dos edifícios é um dos principais responsáveis pelo elevado consumo de energia a nível mundial, logo é um dos setores com mais potencial de poupança energética. Tornar os edifícios mais eficientes e com necessidades energéticas menores é um dos principais objetivos das entidades internacionais e em particular das entidades europeias.

A União Europeia (UE) tem vindo a desenvolver um conjunto de políticas que visam aumentar a eficiência energética dos edifícios através da redução dos consumos e a promoção do recurso a fontes de energia de origem renovável, de modo a que se possam atingir, a curto/médio prazo, edifícios com necessidades de energia nulas ou quase nulas, os NZEBs (Nearly Zero Energy Buildings). A implementação destas políticas europeias nos diferentes Estados Membros (EM) permitirá reduzir consideravelmente a dependência energética da UE, sem que estas impliquem a redução da qualidade de vida dos seus cidadãos, e permitem igualmente reduzir as emissões de gases de efeito estufa de modo a minimizar os fenómenos associados as alterações climáticas.

## 1.2. OBJETIVO

O presente documento tem como principal objetivo estudar o conceito NZEB introduzido pela Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios, e sensibilizar para a necessidade de mudança de paradigma no setor da construção.

Para um melhor conhecimento do conceito NZEB torna-se necessário estudar e identificar as diferentes abordagens de implementação deste conceito nos diferentes Estados Membros da UE, inclusive qual a abordagem que o estado Português está a adotar para a implementação dos NZEB.

Os edifícios eficientes requerem soluções construtivas e sistemas técnicos de elevado desempenho energético. O estudo e conhecimento de novas tecnologias construtivas, bem como dos sistemas técnicos disponíveis no mercado é fundamental para que os edifícios possam convergir para NZEB. Neste contexto, um dos principais objetivos deste documento é o estudo, em fase de projeto, de uma moradia unifamiliar de arquitetura contemporânea, propondo soluções construtivas e sistemas técnicos de aproveitamento de fontes de energias renováveis, de modo a que esta possa ser caracterizada como um NZEB.

## 1.3. ORGANIZAÇÃO DA TESE

O presente documento encontra-se organizado em sete capítulos onde se descreve os trabalhos de pesquisa e de cálculo realizados. O contexto e âmbito da Dissertação são introduzidos no presente capítulo.



No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica na qual é descrita a política energética e a evolução legislativa do setor da energia. Este capítulo identifica quais foram as principais conferências internacionais sobre o clima e o ambiente, e qual a sua importância para a mudança de paradigma do consumo energético. O panorama energético europeu, bem como a dependência energética dos vários países que fazem parte da UE também são abordados neste capítulo. Faz-se ainda referência à legislação portuguesa sobre edifícios e energia, abordando os temas de Sistema de Certificação Energética e os incentivos à reabilitação energética dos edifícios.

O estudo do conceito de edifícios de energia quase nula é efetuado no capítulo 3, onde se aborda a definição do conceito NZEB, o estado atual de implementação do conceito nos diferentes Estados Membros, dando foco à situação de Portugal. Este capítulo também aborda o nível ótimo de rentabilidade económica.

O capítulo 4 pretende efetuar a caracterização de tecnologias e soluções construtivas passíveis de serem implementadas nos edifícios com o objetivo de estes poderem convergir para NZEB.

Os sistemas de aproveitamento de fontes de energias renováveis são abordados no capítulo 5. Este capítulo efetua a caracterização dos sistemas solares (térmicos e fotovoltaicos), sistemas eólicos e sistemas de biomassa.

O capítulo 6 define os requisitos mínimos para a qualidade térmica da envolvente, valores limite para as necessidades de energia e ainda qual a percentagem do contributo de energia proveniente de fontes renováveis passível de ser implementada para que se possa convergir para NZEB. Este capítulo apresenta um caso de estudo de uma moradia unifamiliar isolada localizada no concelho de Mirandela, o qual consiste numa análise térmica e energética de soluções construtivas passíveis de ser executadas/implementadas no edifício em estudo, de modo a que este possa ser considerado NZEB.

Por fim, as conclusões gerais retiradas deste estudo, assim como sugestões para trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 7.



## CAPÍTULO 2

### **POLÍTICA ENERGÉTICA E EVOLUÇÃO LEGISLATIVA**



## 2. POLÍTICA ENERGÉTICA E EVOLUÇÃO LEGISLATIVA

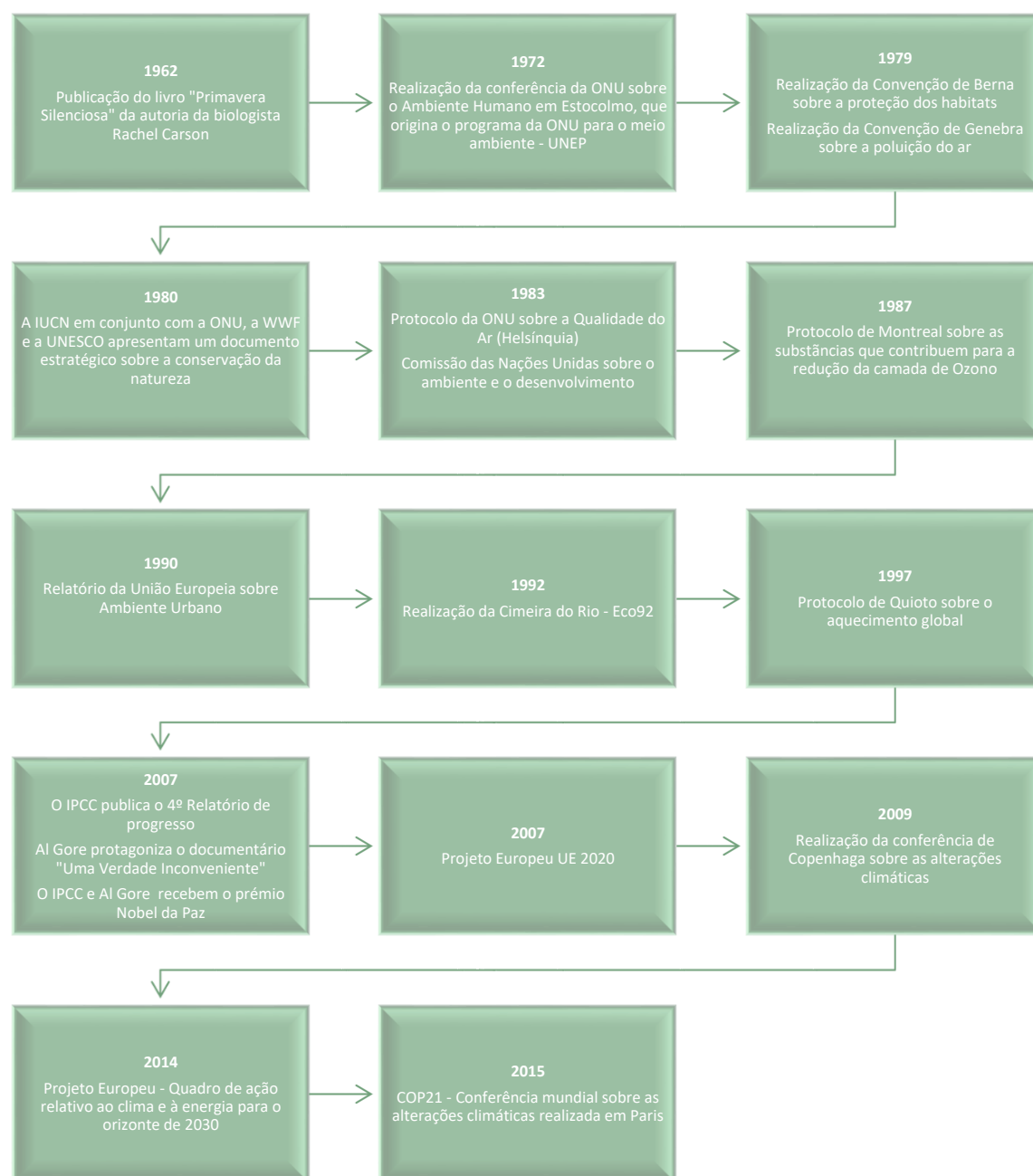
Este capítulo descreve a evolução legislativa das políticas energéticas a nível europeu e a nível nacional. São abordadas as principais conferências internacionais sobre o clima e o ambiente e qual a sua importância para a mudança de paradigma do consumo energético. O panorama energético europeu, assim como a dependência energética dos vários países que fazem parte da EU também são abordados neste capítulo, no qual também é referida a legislação portuguesa sobre edifícios e energia, abordando os temas de Sistema de Certificação Energética e os incentivos à reabilitação energética dos edifícios.

### 2.1. PRINCIPAIS CONFERÊNCIAS INTERNACIONAIS SOBRE O AMBIENTE

As alterações climáticas são uma realidade, uma vez que as temperaturas estão a aumentar, os padrões de precipitação estão a mudar, os glaciares e a neve estão a derreter e o nível médio das águas de mar está a subir. Estima-se que as alterações prossigam e que fenómenos climáticos extremos se tornem mais frequentes e intensos, acarretando perigos como inundações e secas. É muito provável que a maior parte do aquecimento observado desde meados do século XX se deva ao aumento das concentrações de gases com efeito estufa (GEE), resultantes das emissões provocadas pela atividade humana. A temperatura global subiu cerca de 0,8 °C nos últimos 150 anos e prevê-se que continue a aumentar. Um aumento superior a 2 °C das temperaturas registadas na época pré-industrial aumenta o risco de ocorrência de alterações perigosas para os sistemas humano e natural à escala global [1].

O relatório *Our Common Future*, mediatizado como relatório *Brundtland* (1987), é onde pela primeira vez aparece consignada a expressão de desenvolvimento sustentável, como aquele que “permite satisfazer as necessidades do presente as possibilidades de as gerações futuras satisfazerem as suas” [2].

A discussão mundial acerca das alterações climáticas tem sido realizada em várias conferências internacionais sobre o clima, a cronologia temporal dos principais acontecimentos no âmbito do clima, alterações climáticas e desenvolvimento sustentável encontra-se representada na Figura 2.1.



**Figura 2.1: Cronologia dos acontecimentos mais significativos no âmbito do clima, alterações climáticas e desenvolvimento sustentável (adaptado e alterado a partir de Torgal, 2010) [2].**

A preocupação com os impactos da atividade humana sobre o ambiente a nível global surge nos anos 60 com a publicação do livro “*Silent Spring*” (Primavera Silenciosa) da cientista americana Rachel Carson e com a realização da Conferência da Biosfera promovida pela UNESCO, realizada em 1968. Na década seguinte o microbiologista francês René Dubos e a economista Barbara Ward escrevem o livro “*Only One Earth: The Care and*

*Maintenance of a Small Planet*” sobre o impacto da atividade humana na biosfera, destinado à conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em 1972 em Estocolmo, a qual leva à criação do Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP) e constitui a primeira grande conferência mundial sobre o ambiente. Esta conferência atenta à necessidade de um critério e de princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano. Dos trabalhos da conferência de Estocolmo nasceu a declaração do Ambiente que no seu Princípio n.º 1 afirma que o homem tem direito a viver num ambiente cuja qualidade lhe permita viver com dignidade e bem-estar, cabendo-lhe o dever solene de proteger e melhorar o ambiente para as gerações atuais e vindouras [3].

Em 1992 realizou-se no Rio de Janeiro, Brasil, a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Eco-92, que culminou com a assinatura de três tratados:

- A UNFCCC, Convenção-Quadro das nações Unidas para o Combate às alterações Climáticas;
- A CBD, Convenção da Biodiversidade;
- A UNCCD, Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação.

Os objetivos mais relevantes da Eco-92 passam por uma estabilização da quantidade de GEE na atmosfera e os países desenvolvidos devem tomar a iniciativa de reduzir os níveis de GEE na atmosfera. No entanto, a aplicação dos tratados assinados era voluntária, sem metas ou períodos definidos, e sem penalização para os incumpridores [4].

O Protocolo de Quioto, elaborado em 1997, foi o primeiro tratado jurídico internacional que explicitamente pretende limitar as emissões quantificadas de GEE dos países desenvolvidos. Este protocolo destina-se a tornar operacional e dar eficácia jurídica aos objetivos da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, com vista a garantir o combate efetivo às alterações climáticas através do estabelecimento de compromissos quantificados de limitação ou redução das emissões dos seis principais gases com efeito de estufa (GEE) por si regulados e tendo em vista uma redução global das mesmas em, pelo menos, 5% abaixo dos níveis de 1990. Com vista a garantir o cumprimento das obrigações estabelecidas, o Protocolo de Quioto prevê a adoção de um sistema de cumprimento contendo os procedimentos e mecanismos adequados e eficazes para determinar situações de não cumprimento das suas disposições e definir as

consequências daí resultantes [5]. O Protocolo de Quioto flexibiliza os métodos a que os países podem recorrer para atingir os seus compromissos, nomeadamente através de [4]:

- Sequestro de carbono;
- Troca de emissões de GEE entre países;
- Mecanismo de desenvolvimento limpo;
- Implementação conjunta.

Portugal, enquanto membro da União Europeia, ficou vinculado à aprovação deste instrumento jurídico internacional, por forma a contribuir para o alcance dos objetivos, europeu e internacional, de uma efetiva redução global das emissões de GEE. No quadro da UE e das obrigações decorrentes do Protocolo de Quioto, Portugal deve limitar o aumento das emissões em 27%, em relação a 1990 [5].

Em março de 2007, os líderes europeus apoiaram uma abordagem integrada proposta pela Comissão Europeia (CE) com o objetivo de contribuir para a luta global contra as alterações climáticas, melhorando simultaneamente a sua situação em termos de segurança energética e competitividade. Por forma a iniciar este processo, os líderes europeus definiram vários objetivos a serem atingidos até 2020 [6]:

- Reduzir as emissões de GEE em 20% relativamente aos níveis de 1990 até 2020;
- Aumento da quota das energias renováveis no consumo de energia final até 20%;
- Avançar para um aumento de 20% na eficiência energética.

Um objetivo chave da futura política em matéria de clima e energia consiste em manter a energia a um preço acessível para as empresas, a indústria e consumidores. Por conseguinte, o quadro dos respetivos objetivos têm subjacente a necessidade de satisfazer os objetivos em matéria de clima e energia da forma mais eficaz em termos de custos. Esta abordagem exige que os Estados Membros (EM) disponham de flexibilidade necessária sobre o modo de cumprimento dos seus compromissos, tendo em consideração o respetivo contexto nacional. Nesta base, a CE propôs a adoção de objetivos de redução de 40% de GEE em 2030 e de uma quota mínima de 27% de energias renováveis no consumo de energia em 2030 [6]. Estas são etapas no sentido da concretização, com uma boa relação custo-eficácia, de uma economia hipocarbónica competitiva em 2050 [6].

Entre 30 de novembro e 11 de dezembro de 2015, realizou-se em Paris a COP21 (21<sup>a</sup> Conferência das partes da Convenção Quadro das nações Unidas sobre as Alterações



Climáticas), esta conferência histórica permitiu pela primeira vez atingir um consenso global, que se consubstanciou num acordo entre todos os países que nela participaram<sup>1</sup>, onde reconhecem que as emissões de GEE necessitam de ser travadas. O acordo alcançado visa fortalecer a resposta global à ameaça das alterações climáticas num contexto de desenvolvimento sustentável e os esforços para erradicar a pobreza, tendo como principais objetivos [7]:

- Limitar o aumento da temperatura média global até um máximo de 2°C, comparado com o período pré-industrial;
- Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas;
- Estabelecer políticas económicas hipocarbónicas (com baixas emissões de GEE).

O acordo alcançado será implementado de modo a refletir a equidade e o princípio das responsabilidades comuns, mas diferenciadas conforme as respetivas capacidades e tendo em conta as diferentes circunstâncias de cada país.

A eficiência energética tem um papel fundamental a desempenhar na transição para um sistema energético mais competitivo, seguro e sustentável, com um mercado interno da energia no seu centro. Embora a energia alimente as nossas sociedades e economias, o crescimento futuro deve ser obtido com um menor consumo de energia e com menores custos, neste sentido, a UE pode tornar este novo paradigma numa realidade.

## 2.2. PANORAMA ENERGÉTICO EUROPEU

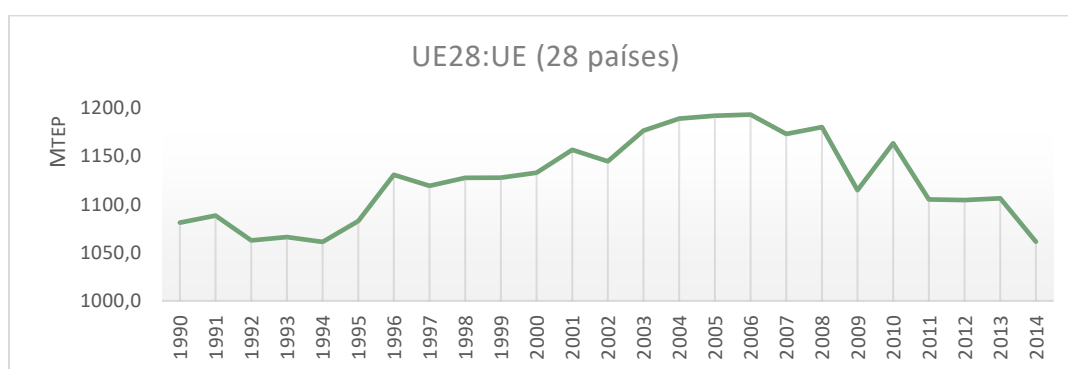
O consumo de energia na UE a 28 países atingiu o seu máximo no ano de 2006, segundo dados da Eurostat, o consumo final de energia atingiu nesse ano o valor de 1193,04 Mtep (milhões de toneladas equivalentes de petróleo), registando um acréscimo de 132 Mtep relativamente ao valor mínimo registado no ano de 1994. A partir do ano de 2006 verifica-se uma tendência de queda nos consumos energéticos na UE, devido ao abrandamento da economia e à crise económica registada em 2008, mas, esta queda poderá em grande parte também ser justificada pelas políticas energéticas que foram e estão a ser implementadas.

---

<sup>1</sup> A COP21 registou a presença de 195 países, sendo a conferência do clima mais participada em toda a história.

Exemplo deste facto, são os consumos energéticos registados no ano de 2014, com um mínimo histórico de 1061,2 Mtep, valor inferior ao registado no ano de 1992 (1062,7 Mtep).

Os consumos registados no ano de 2014 apresentam uma quebra de 11,05% relativamente aos máximos registados no ano de 2006. Importa ainda referir que relativamente ao ano de 1990, onde se registou um consumo de 1081,1 Mtep, a redução dos consumos corresponde apenas a aproximadamente 2%. A evolução dos consumos de energia final, entre 1990 e 2014, encontra-se representado no gráfico da Figura 2.2.

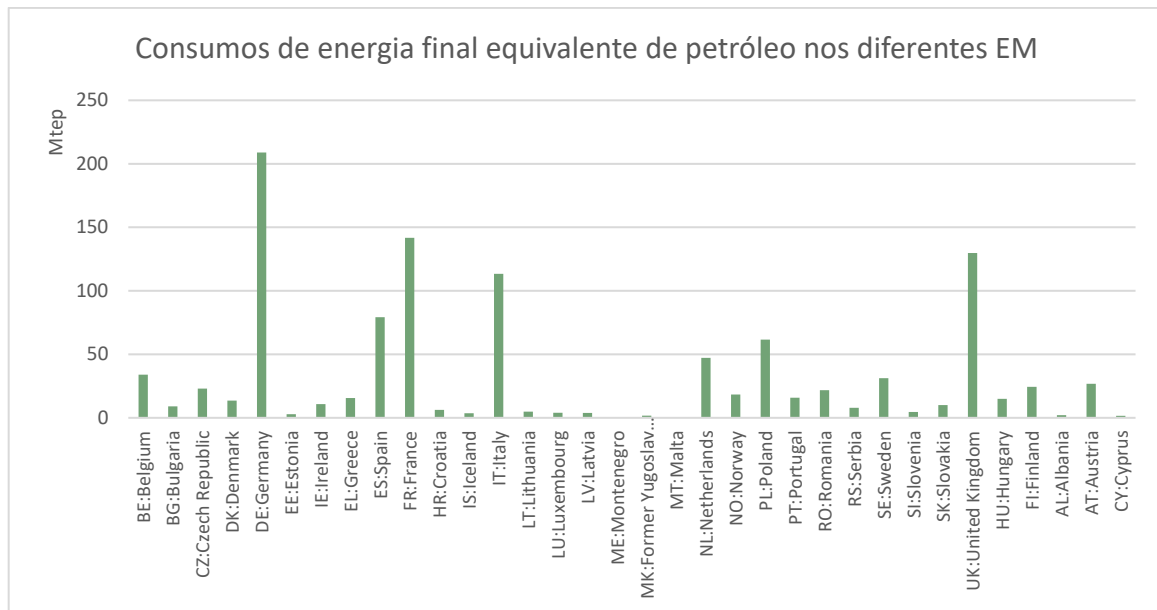


**Figura 2.2: Evolução do consumo de energia final na UE a 28 países, expressa em Mtep². Fonte: Dados Eurostat [42].**

O país onde se verificou um maior consumo de energia no ano de 2014 foi a Alemanha com um consumo de 208,9 Mtep, logo seguida da França com consumos de 141,7 Mtep, a terminar o Top3 dos países que mais consomem energia final na UE a 28 países encontra-se o Reino Unido com consumos de 129,8 Mtep. Malta foi o país onde se verificou um menor consumo energético, tendo registado um consumo de energia final no ano de 2014 de 0,544 Mtep. Portugal registou consumos de 15,8 Mtep no mesmo ano. (fonte: Eurostat 2015).

Conforme se pode verificar no gráfico da Figura 2.3 os cinco maiores consumidores de energia final da UE são a Alemanha, França, Reino Unido, Itália e Espanha, o somatório dos consumos energéticos destes cinco países correspondem a 67% da totalidade dos consumos registados no ano de 2014 em toda a UE.

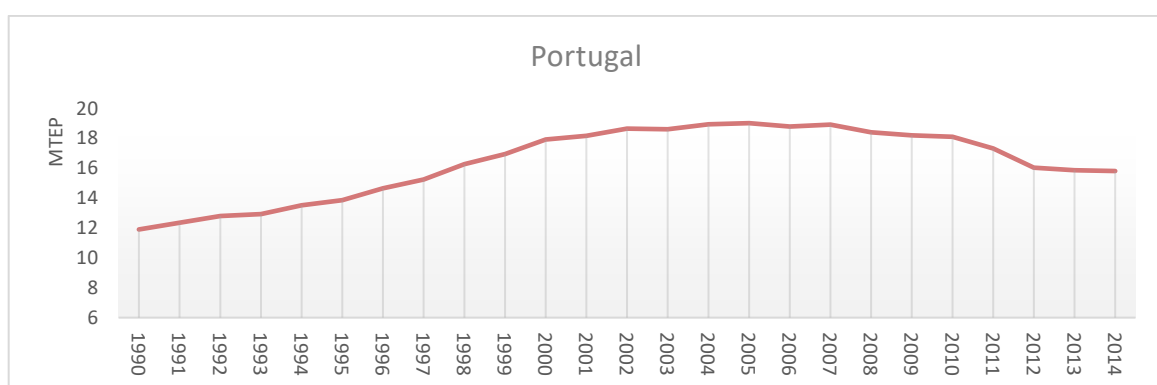
<sup>2</sup> Este indicador expressa a soma da energia fornecida à porta do consumidor final para todos os usos de energia. É a soma do consumo de energia na indústria, transportes, famílias, serviços, agricultura, etc.



**Figura 2.3:** Consumos de energia final equivalente de petróleo, para o ano de 2014, nos diferentes EM (fonte: Eurostat) [42].

Relativamente a Portugal, o ano em que se registou um maior consumo de energia final foi o ano de 2005, com um valor de 19,01 Mtep, tendo-se verificado a mesma tendência de quebra nos consumos da UE. No entanto, a redução de consumo registada no ano de 2014 corresponde a cerca de 17% do valor registado em 2005, valor este que se encontra acima da redução verificada na UE.

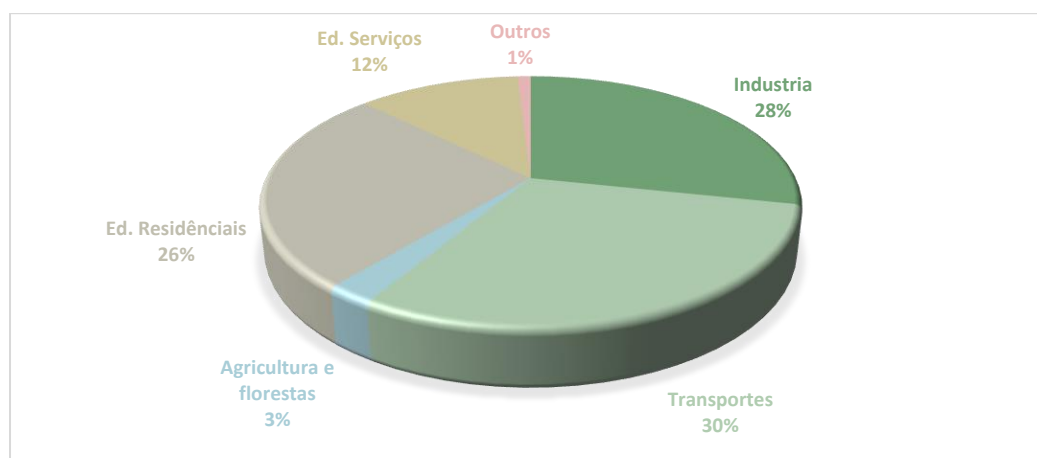
A evolução do padrão de consumo de energia final em Portugal encontra-se representada no gráfico da Figura 2.4.



**Figura 2.4:** Evolução do consumo de energia final em Portugal, expressa em Mtep. Fonte: Dados Eurostat [42].

Segundo dados disponíveis na Eurostat (Eurostat, 2016 [42]), os setores que mais consomem energia final são os setores dos Transportes, Indústria e Edifícios Residenciais. Efetuando a média dos consumos registados entre 1990 e 2014, conclui-se que o setor dos

transportes representa 30% dos consumos de energia final equivalente de petróleo, o setor da indústria representa 28% e o setor dos edifícios residências representa 26%, enquanto que os edifícios de serviços (não residenciais) representam 12% dos consumos, ou seja, os edifícios na UE são responsáveis por 38% dos consumos energéticos. A percentagem dos consumos de energia final equivalente de petróleo na UE a 28 países, para os diferentes setores de atividade é apresentada no Figura 2.5.

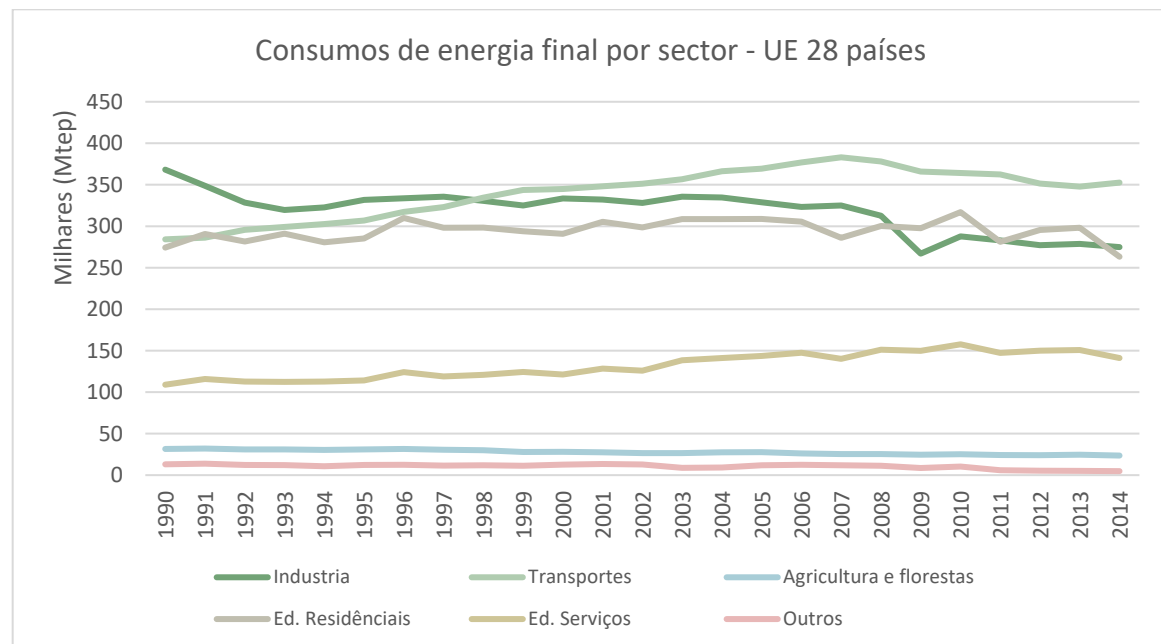


**Figura 2.5: Percentagem dos consumos de energia final equivalente de petróleo na UE 28 países para os diferentes setores (fonte: Eurostat, 2016)<sup>3</sup>**

Analisando os dados referentes ao ano de 2014, constata-se que o setor dos edifícios residenciais baixou um grau percentual relativamente à média registada durante o período de 1990 a 2014, no entanto esta diminuição foi acompanhada por um aumento de 1% no setor dos edifícios de serviços (não residenciais), mantendo-se a média de 38% dos consumos para todo o setor dos edifícios (residenciais e não residenciais). O ano de 2010 corresponde ao ano onde se verificou o maior consumo de energia final, desde 1990 no setor dos edifícios, registando-se um consumo de 317 Mtep para os edifícios residenciais e 158 Mtep para os edifícios de serviços não residenciais. Apesar das políticas implementadas pela CE no que respeita à eficiência energética dos edifícios, verifica-se que a diminuição dos consumos não é significativa, ao contrário do que se verifica no setor industrial, onde se verificou uma diminuição considerável a partir do ano de 2009. A partir deste ano verifica-se que os consumos de energia final dos edifícios residenciais é, pela primeira vez desde 1990, superior aos consumos de energia final registados no setor

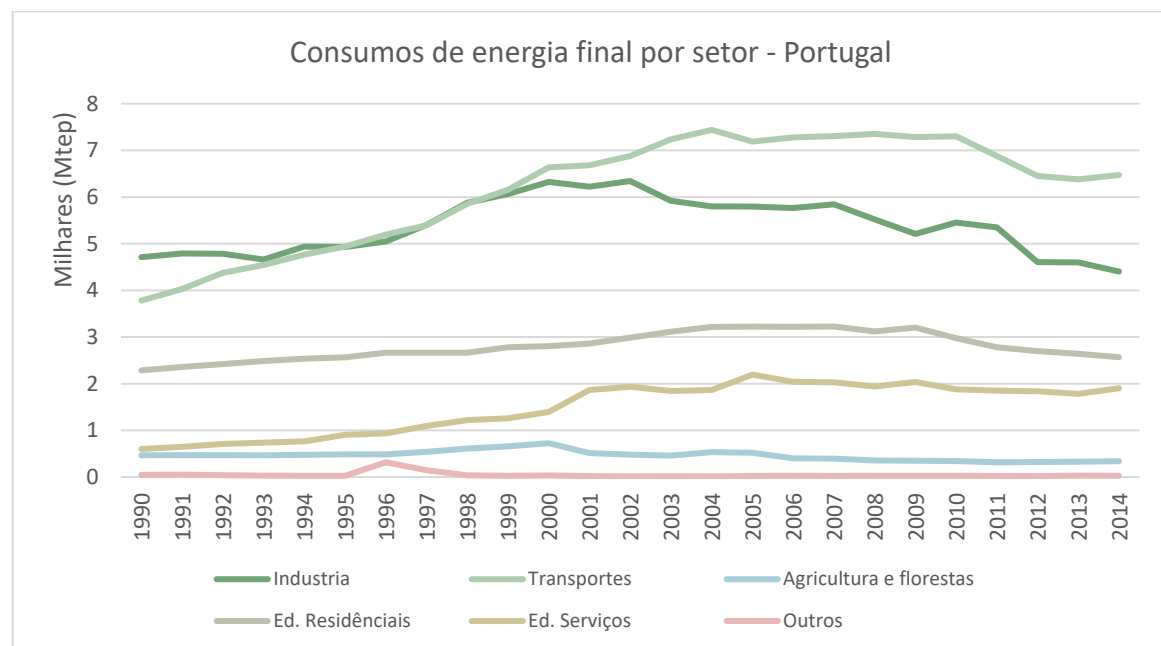
<sup>3</sup> As percentagens apresentadas foram obtidas a partir da média dos consumos de energia final disponíveis na Eurostat, por setor de atividade, durante o período de 1990 a 2014.

industrial, conforme se pode constatar na evolução cronológica dos consumos de energia final apresentado no gráfico da Figura 2.6.



**Figura 2.6:** Evolução do consumo de energia final na UE a 28 países nos diferentes setores de atividade, expressa em Mtep. Fonte: Dados Eurostat [42].

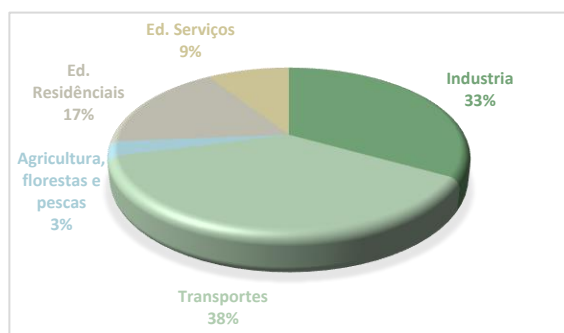
Relativamente a Portugal, a evolução cronológica dos consumos de energia final encontra-se representada no gráfico da Figura 2.7.



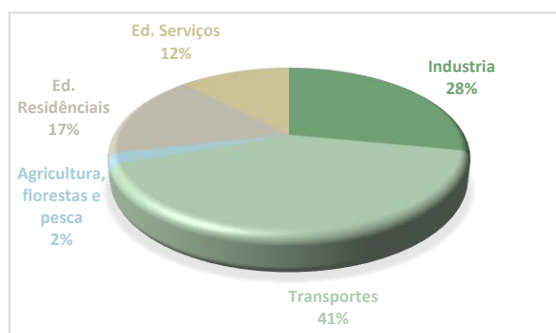
**Figura 2.7:** Evolução do consumo de energia final em Portugal nos diferentes setores de atividade, expressa em Mtep. Fonte: Dados Eurostat [42].

Analisando o gráfico da figura anterior, rapidamente se conclui que os setores dos transportes e indústria são os principais responsáveis pelo consumo de energia final no nosso país. O consumo de energia final no setor dos edifícios residenciais apresentou um crescimento constante no período de 1990 a 2007 e posteriormente a este período a tendência é a queda nos consumos, em grande parte impulsionada pela crise económica registada a partir de 2008, contudo as políticas europeias e nacionais para a eficiência energética dos edifícios podem ter a sua quota-parte de responsabilidade na quebra dos consumos de energia final. Segundo dados da Eurostat, o setor dos edifícios (residenciais e de serviços) representou 29% dos consumos de energia final registados no ano de 2014, conforme representação da Figura 2.9. Efetuando a média dos consumos de energia final durante o período de 1990 a 2014 conclui-se que o setor dos edifícios representa 26% da totalidade dos consumos, conforme representação da Figura 2.8. Este valor é inferior ao registado no ano de 2014, devido à tendência de crescimento que se verificou nos edifícios de serviços a partir do ano 2000.

Os principais setores onde se poderá reduzir os consumos e consequentemente as emissões de GEE através de medidas de maior eficiência energética são os setores dos transportes, indústria e edifícios.



**Figura 2.8: Percentagem dos consumos de energia final equivalente de petróleo em Portugal para os diferentes setores (fonte: Eurostat, 2016)<sup>4</sup>**



**Figura 2.9: Percentagem dos consumos de energia final equivalente de petróleo no ano de 2014 em Portugal para os diferentes setores (fonte: Eurostat, 2016)**

De acordo com o BCSD Portugal – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, na indústria as inovações tecnológicas poderão conduzir a uma redução de 20% da intensidade energética e nos transportes existe um potencial de redução do consumo

<sup>4</sup> As percentagens apresentadas foram obtidas a partir da média dos consumos de energia final disponíveis na Eurostat, por setor de atividade, durante o período de 1990 a 2014.

de energia de 10% a 45% relativamente ao cenário de referência através do uso de combustíveis de baixo carbono e melhor eficiência energética dos veículos e seus motores [8].

O setor dos edifícios residenciais e de serviços (escritórios, comerciais e outros) representam na UE quase 40% dos consumos de energia final e 36% das emissões de GEE [9], este facto coloca o setor dos edifícios no centro da política de eficiência energética da UE, sendo fundamental melhorar o desempenho energético do parque imobiliário europeu, não só para atingir as metas da UE para 2020, mas também para realizar os objetivos a mais longo prazo da estratégia climática [9].

---

#### 2.2.1. Dependência Energética a Nível Europeu e a Nível Nacional

A taxa da dependência energética de um país ou de uma comunidade é definida através do rácio entre as importações líquidas de bens energéticos e a soma do consumo interno bruto de energia acrescida das bancas marítimas<sup>5</sup> [42.].

Um dos principais desafios e objetivos da atual política energética nacional prende-se com a redução da dependência energética do exterior. Historicamente, Portugal apresenta uma dependência energética elevada, entre 80 e 90% (dados Eurostat, 2016), fruto da inexistência de produção nacional de fontes de energia fósseis, como o petróleo ou gás natural, que têm um peso muito significativo no “mix” de consumo de energia [10].

A Figura 2.10 apresenta a evolução da dependência energética de Portugal e da UE a 28 países, desde 1990 a 2014.

Em 2014 a dependência energética situou-se nos 71,6% representando uma redução de 1,3 pontos percentuais (p.p.) relativamente ao ano de 2012, mas comparando com o ano de 2005 a redução corresponde a 17 p.p., ano em que se verificou a dependência energética mais elevada dos últimos anos (88,6%). Esta redução deve-se em grande parte ao aumento da produção hídrica e eólica e também ao aumento das exportações de produtos petrolíferos [10].

---

<sup>5</sup> Quantidades de combustível fornecidas aos navios de alto mar, qualquer que seja a sua nacionalidade e a sua categoria. Nota: não inclui nem quantidades fornecidas aos transportes internos por água ou à cabotagem, nem as fornecidas ao tráfego aéreo, mesmo internacional.

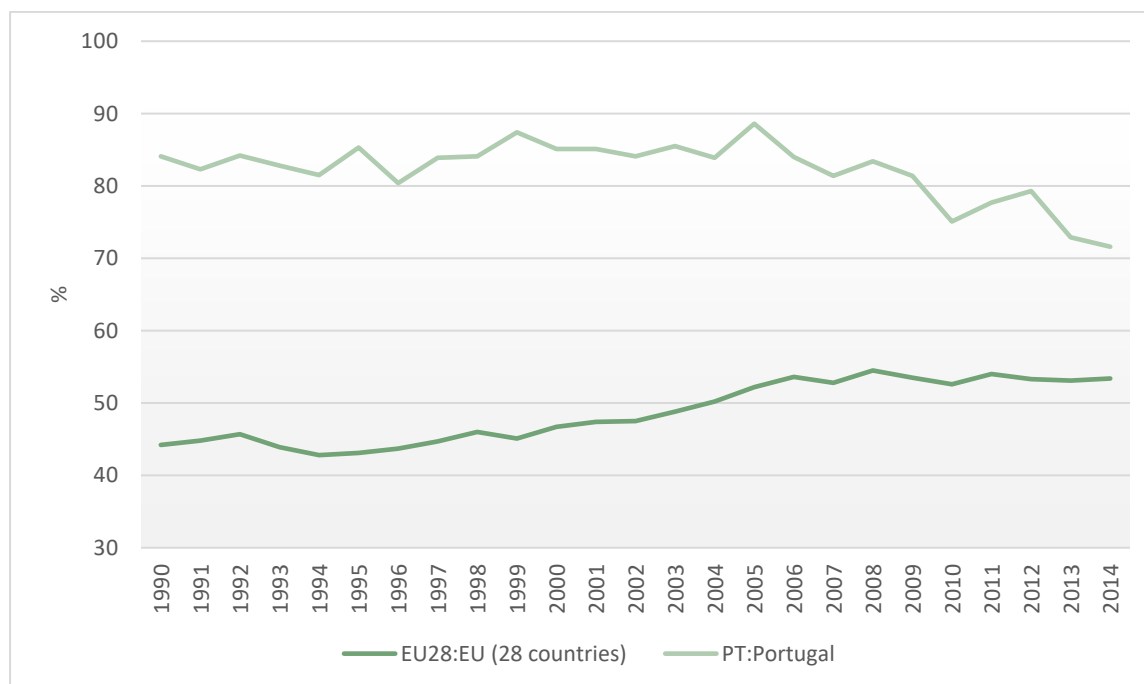


Figura 2.10: Evolução da dependência energética de Portugal e da UE 28 países (Fonte: Eurostat 2016 [42]).

A aposta nas fontes de energia renovável e na eficiência energética, com maior incidência nos últimos anos, permitiu a Portugal baixar a sua dependência a partir do ano de 2010 para níveis inferiores a 80%. No entanto, a variabilidade do regime hidrológico, associado a uma grande componente hídrica no sistema electrodutor nacional, influencia negativamente a dependência energética em anos secos, como foi o caso do ano 2005 ou 2008. A Figura 2.11 apresenta a evolução da dependência energética de Portugal no período de 2000 a 2012, conjugada com a produção de energia de fonte hídrica e fonte eólica.

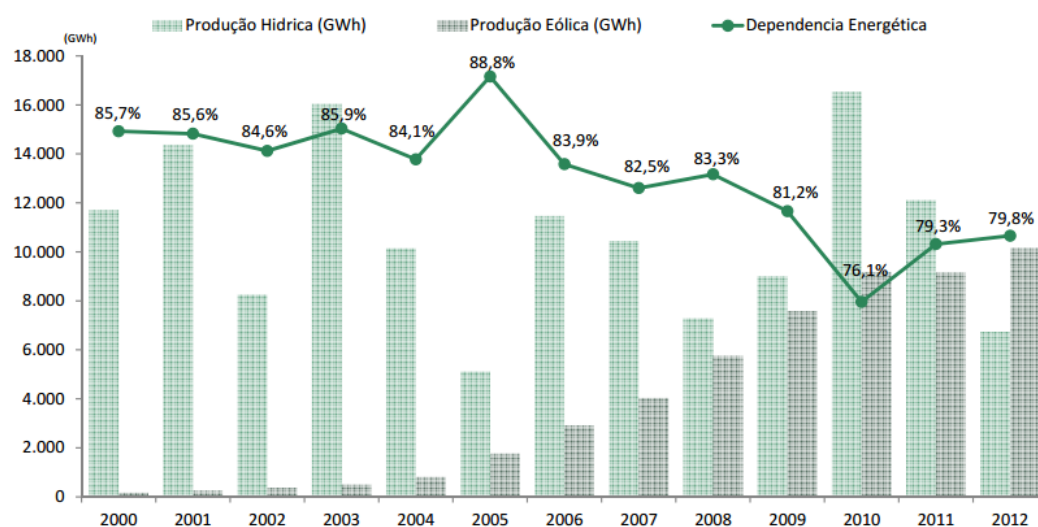


Figura 2.11: Evolução da dependência energética nacional comparada com a evolução da produção de fontes de energia Hídrica e Eólica [11].



Conclui-se que a redução da taxa de dependência energética está estritamente associada ao aumento da produção de energia eólica, que tem tido um crescimento exponencial nos últimos anos. A incorporação progressiva de fontes renováveis de energia tem contribuído para uma redução da dependência externa, contribuindo igualmente para uma redução das emissões de GEE, conforme se pode verificar na Figura 2.12, registando-se em 2012 uma quebra de 21% relativamente ao ano de 2000 [11].

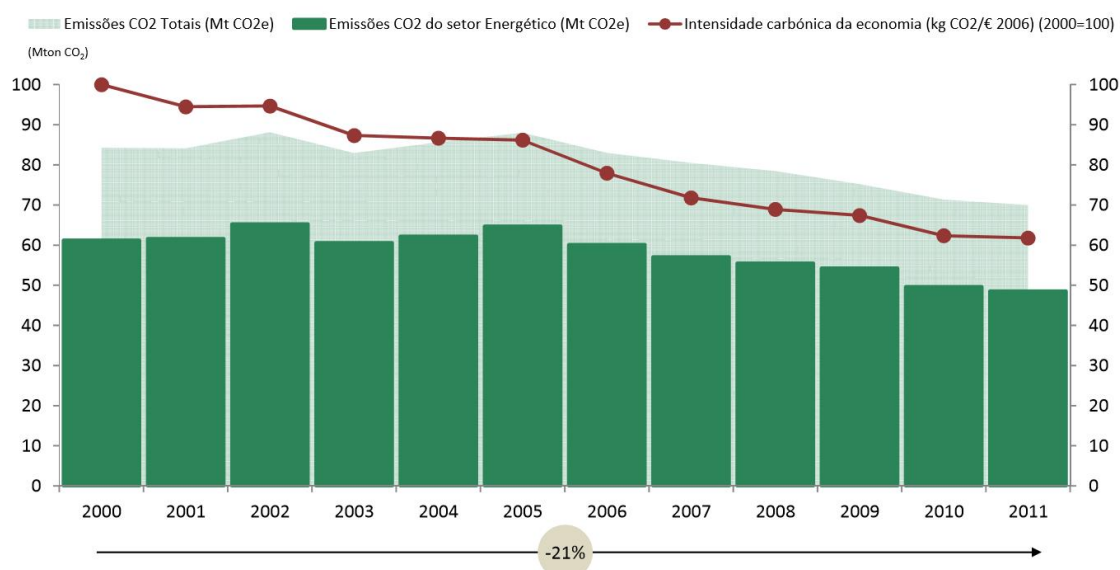


Figura 2.12: Evolução das emissões de GEE no setor da Energia (Mton CO<sub>2</sub> eq.) [11].

Apesar de os últimos anos representarem uma descida significativa da dependência energética externa, Portugal continua com valores acima da média europeia. Segundo dados da Eurostat, a taxa de dependência energética da UE a 28 no ano de 2014 era de 53,4%, 18,2 p.p. abaixo do valor registado no nosso país. Segundo a mesma fonte e conforme representado na Figura 2.13, Portugal ocupa o 9º lugar dos países com maiores taxas de dependência, encontrando-se atrás de países como a Bélgica, Itália ou Espanha [42].

O país da UE com maior dependência energética é Malta, registando em 2014 uma taxa de 97,7%. Apesar de não fazer parte da EU, importa realçar que a Noruega é país com melhor taxa de dependência energética, apresentando uma taxa negativa de 569,6%, apresentando-se como um país exportador de energia [42].

O trabalho desenvolvido pelas entidades portuguesas com vista à diminuição da dependência externa é notório, em 2005 Portugal ocupava o 5º lugar do lote de países com maior dependência energética.

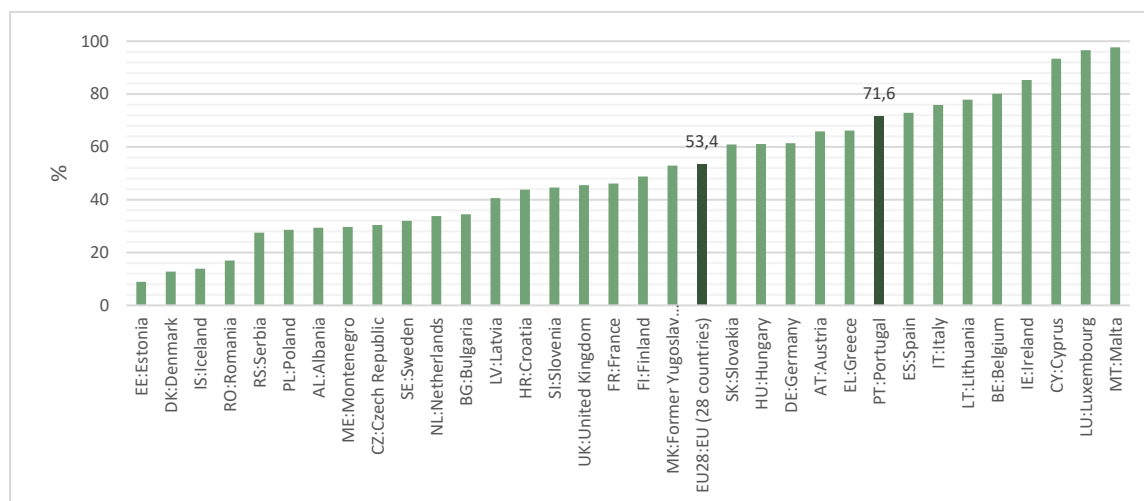


Figura 2.13: Dependência energética na EU-28 no ano de 2014 (Fonte: Eurostat 2016 [42]).

A nova visão do setor energético para 2020 em Portugal implica uma promoção integrada da eficiência energética e da utilização de fontes de energias renováveis, através de uma maior articulação das estratégias para a procura e oferta de energia, tendo como principal objetivo colocar a energia ao serviço da economia e das famílias e garantindo simultaneamente a sustentabilidade de preços. É necessário reduzir o grau de dependência externa, uma vez que Portugal continua a exibir um elevado nível de dependência de energia importada, pelo que o papel da eficiência energética e das fontes de energia renováveis é essencial para reforçar os níveis de segurança do abastecimento, promovendo, ao mesmo tempo, a diversificação do “mix” energético e o aumento da sustentabilidade associada à produção, transporte e consumo de energia [11].

### 2.3. POLÍTICA EUROPEIA: EDIFÍCIOS E ENERGIA

De acordo com o exposto no ponto 2.2. do presente documento, o setor dos edifícios representa para a UE 39% da totalidade dos consumos de energia final, pelo que este setor apresenta grande potencial para uma diminuição da dependência energética e consequentemente uma diminuição das emissões de GEE responsáveis pelos fenómenos das alterações climáticas e aquecimento global. Neste sentido, a UE tem desenvolvido, nas últimas décadas, políticas que visam melhorar a eficiência energética do seu parque edificado.

A primeira Diretiva Europeia relativa à eficiência energética dos edifícios surgiu no ano de 1993 através da SAVE, Diretiva 93/76/CEE, relativa à limitação das emissões de CO<sub>2</sub>

através do aumento da eficiência energética. Esta Diretiva visava a realização pelos EM do objetivo de limitação das emissões de CO<sub>2</sub> através do aumento da eficiência energética com base nos seguintes pressupostos [12]:

- Certificação energética dos edifícios;
- Faturação das despesas de aquecimento, ar condicionado e água quente sanitária com base no consumo real;
- Financiamento por terceiros dos investimentos em eficiência energética no setor público;
- Isolamento térmico nos edifícios novos;
- Inspeção periódica das caldeiras;
- Auditorias energéticas nas empresas com elevado consumo de energia.

Passados 9 anos, surge em dezembro de 2002 a Diretiva 2002/91/CE que teve como objetivo a promoção da melhoria do desempenho energético dos edifícios da Comunidade Europeia, tendo em consideração as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e a rentabilidade económica. Esta diretiva indicava que os EM deviam [13]:

- Usar uma metodologia de cálculo do desempenho energético de edifícios com base num quadro geral comum;
- Definir requisitos mínimos para o desempenho energético de novos edifícios;
- Definir requisitos mínimos para o desempenho energético de edifícios existentes sujeitos a grande intervenção<sup>6</sup>;
- Implementar um sistema de certificação energética para o desempenho energético dos edifícios;
- Realizar a inspeção regular das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios.

A 23 de abril de 2009, surge a Diretiva 2009/28/CE relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis, que altera e subsequentemente revoga as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE. Segundo esta Diretiva, a “energia proveniente de fontes renováveis” corresponde à energia proveniente de fontes não fósseis renováveis,

---

<sup>6</sup> Segundo o DL 251/2015 Grande Intervenção corresponde a intervenções realizadas em edifícios em que se verifique que o custo da obra relacionada com a envolvente ou com os sistemas técnicos seja superior a 25% do valor da totalidade do edifício, com exclusão do valor do terreno e/ou tratando-se de uma ampliação, o custo da parte ampliada exceda em 25% o valor da totalidade do edifício existente [14].

nomeadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e oceânica, hidráulica, de biomassa, de gases de aterros, de gases das instalações de tratamento de águas residuais e biogases [15]. A Diretiva 2009/28/CE estabelece um quadro comum para a promoção de energia proveniente das fontes renováveis, fixando os objetivos nacionais obrigatórios para a quota global de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia e para a quota de energia proveniente de fontes renováveis consumida pelos transportes.

No mesmo ano, em outubro de 2009, é aprovada no Conselho Europeu a Diretiva 2009/125/CE relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia, não sendo aplicável a meios de transporte de pessoas ou mercadorias, tendo como principais objetivos [16]:

- Criação de um quadro para a definição dos requisitos comunitários de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia, com o objetivo de garantir a livre circulação no mercado interno;
- Definição de requisitos a observar pelos produtos relacionados com o consumo de energia abrangidos por medidas de execução, com vista à sua colocação no mercado e/ou colocação em serviço, o que contribui para o desenvolvimento sustentável, na medida em que aumenta a eficiência energética e o nível de proteção do ambiente.

A 19 de maio de 2010 surge a Diretiva 2010/30/UE relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos. Esta Diretiva tem como principal objetivo estabelecer um quadro para a harmonização das medidas nacionais relativas à informação do utilizador final, nomeadamente através de rotulagem e de indicações uniformes relativas ao produto, sobre o consumo de energia e, se pertinente, de outros recursos essenciais durante a utilização, bem como de informações suplementares relativas a produtos relacionados com a energia, dando assim aos utilizadores finais a possibilidade de escolherem produtos mais eficientes [17].

A reformulação da Diretiva 2002/91/CE relativa ao desempenho energético dos edifícios surge em 19 de maio de 2010 com a publicação da Diretiva 2010/31/UE (EPBD RECAST), que se encontra atualmente em vigor. É nesta Diretiva Europeia que surge o conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia (NZEB), que é definido como um edifício com um desempenho energético muito elevado em que as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente

de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades [18].

Nesta Diretiva, o âmbito dos requisitos mínimos de desempenho energético é alargado para frações autónomas, elementos construtivos e sistemas técnicos de edifícios, sendo também estabelecidos requisitos mínimos nos planos nacionais por forma a aumentar o número de NZEB. Para além destes requisitos, a EPBD RECAST impõe ainda requisitos no que se refere a [18]:

- Certificação energética dos edifícios ou das frações autónomas;
- Inspeção regular das instalações de aquecimento e de ar condicionado nos edifícios;
- Inspeção dos sistemas de controlo independentemente dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção.

Os EM devem garantir ainda que os requisitos mínimos de desempenho energético são estabelecidos para que se atinja o nível ótimo de rentabilidade, sendo este o desempenho energético que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico [18].

Os requisitos mínimos de desempenho energético devem ser determinados conforme o Regulamento Delegado (UE) N.º 244/2012 da Comissão, publicado a 16 de janeiro de 2012, que complementa a EPBD RECAST. Este regulamento estabelece um quadro metodológico comparativo a utilizar pelos EM para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios novos e existentes [19].

Este quadro metodológico especifica as regras de comparação de medidas de eficiência energética, de medidas que recorrem a fontes de energia renovável e de conjuntos e variantes dessas medidas, com base no desempenho energético primário e no custo atribuído à sua implementação. Estabelece, também, a forma de aplicação dessas regras aos edifícios de referência, com o objetivo de definir os níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético [19].

Segundo a EPBD RECAST o desempenho energético dos edifícios deverá ser calculado com base numa metodologia que deve ter em conta as normas europeias em vigor.

As principais normas europeias encontram-se descritas no Quadro 2.1.

**Quadro 2.1: Principais Normas Europeias usadas no cálculo do desempenho energético dos edifícios.**

<i>Norma Europeia</i>	<i>Designação em Inglês</i>	<i>Designação em Português</i>
<b>EN ISO 13790:2008</b>	<i>Calculation of energy use for space heating and cooling</i>	Cálculo do consumo de energia para aquecimento e arrefecimento
<b>EN ISO 6946:2007</b>	<i>Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance</i>	Componentes e elementos dos edifícios – Resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica
<b>EN ISO 10211:2007</b>	<i>Thermal bridges in building construction</i>	Pontes térmicas na construção de edifícios
<b>EN ISO 14683:2007</b>	<i>– Heat flows and surface temperature</i>	Fluxos de calor e temperaturas superficiais
<b>EN 15243:2007</b>	<i>Ventilation for buildings</i>	Sistemas de ventilação em edifícios

Posteriormente à publicação da EPBD RECAST de 2010 surge, em 25 de outubro de 2012, a Diretiva 2012/27/UE relativa à eficiência energética, com o objetivo de se estabelecer um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na UE, a fim de assegurar a realização do seu grande objetivo que consiste em atingir 20% em matéria de eficiência até 2020, e de preparar caminho para novas melhorias nesse domínio para além dessa data [21]. A Diretiva 2012/27/UE refere no seu Artigo 4º que os EM devem estabelecer uma estratégia a longo prazo para mobilizar investimentos na renovação do parque nacional de edifícios residenciais e comerciais, tanto públicos como privados. Esta estratégia deverá compreender [21]:

- Uma panorâmica do parque imobiliário nacional baseada, se adequado, numa amostragem estatística;
- Uma identificação das abordagens rentáveis das renovações relevantes para o tipo de edifício ou zona climática;
- Políticas e medidas destinadas a incentivar renovações profundas de edifícios rentáveis, incluindo renovações profundas por etapas;
- Uma perspetiva de futuro destinada a orientar a tomada de decisões em matéria de investimento por particulares, pela indústria da construção e pelas instituições financeiras;
- Uma estimativa, com base em dados factuais, das economias de energia esperadas e de outros benefícios possíveis.

Em síntese, apresenta-se no Quadro 2.2 as principais Diretivas Europeias relacionadas com o setor da energia e/ou edifícios.

Quadro 2.2: Principais Diretivas Europeias relacionadas com o setor da energia e/ou edifícios.

<i>Diretiva Europeia</i>	<i>Objetivo</i>
<b>Diretiva 93/76/CEE</b>	Limitação das emissões de CO <sub>2</sub> através do aumento da eficiência energética.
<b>Diretiva 2002/91/CE</b>	Promoção da melhoria do desempenho energético dos edifícios da Comunidade Europeia.
<b>Diretiva 2009/28/CE</b>	Promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis.
<b>Diretiva 2009/125/CE</b>	Definição de requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia
<b>Diretiva 2010/30/UE</b>	Rotulagem energética e outras indicações uniformes dos produtos.
<b>Diretiva 2010/31/UE</b>	Desempenho energético dos edifícios.
<b>Diretiva 2012/27/UE</b>	Eficiência energética

As políticas descritas têm, em grande parte, incentivado a dissociação crescente entre o crescimento económico e o consumo de energia, graças a uma maior eficiência energética. Conforme se pode verificar na Figura 2.14, a UE já tinha começado, muito antes da crise de 2008, a dissociar o crescimento económico do consumo de energia graças a uma maior eficiência energética.

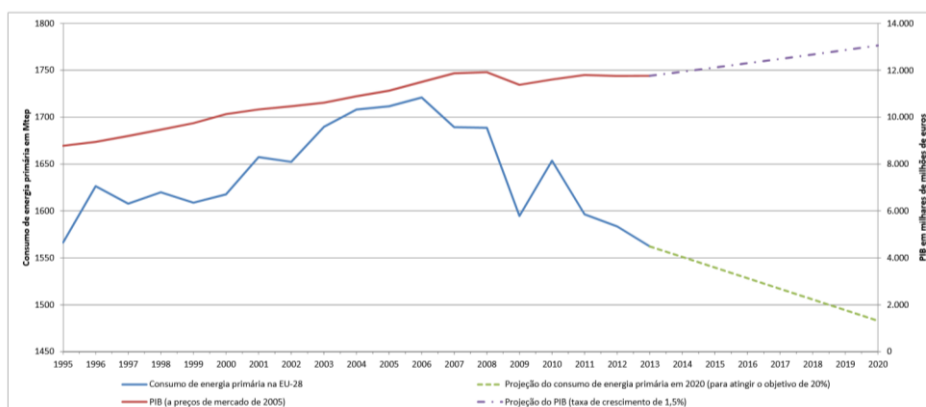


Figura 2.14: Evolução do consumo de energia e do PIB na UE no período de 1995 a 2013 [6].

Segundo o relatório “*Assessing the Employment and Social Impact of Energy Efficiency*” efetuado pela Cambridge Econometrics em novembro de 2015, acerca dos impactos da eficiência energética no emprego e na sociedade, este refere que a eficiência energética tem inúmeros benefícios, conforme representado na Figura 2.15.



Figura 2.15: Co-benefícios das políticas de eficiência energética [22].

Segundo o estudo “*Multiple Benefits of Investing in Energy Efficient Renovation of Buildings*” realizado em 2012 pela *Copenhagen Economics*, a renovação do parque imobiliário da UE conduzindo a uma maior eficiência energética, é uma das opções disponíveis de baixo custo mais atrativas para a UE economizar energia, reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e reduzir a sua dependência energética. Para além destes fatores, este estudo afirma que a renovação do parque imobiliário provoca benefícios económicos anuais permanentes para as finanças públicas e para a sociedade em geral [40].

O atual período de recessão económica, com taxas de juros muito baixas e elevados níveis de desemprego, poderá ser o momento certo para a EU iniciar programas de renovação de eficiência energética e impulsionar a atividade nos setores associados com reformas de maior eficiência energética do parque imobiliário existente, com a consequência de acelerar a saída da UE da atual crise que atravessa.

## 2.4.LEGISLAÇÃO PORTUGUESA: EDIFÍCIOS E ENERGIA

Portugal foi pioneiro nas políticas de eficiência energética nos edifícios, uma vez que anos antes da publicação da SAVE de 1993, o Estado Português lançou em 1990 o Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de fevereiro de 1990 – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), sendo este o primeiro instrumento legal que impôs requisitos mínimos na conceção de novos edifícios. Este regulamento tinha como objetivo



a satisfação das condições de conforto térmico nos edifícios sem necessidades excessivas de energia e ao mesmo tempo visava garantir a minimização de patologias resultantes dos fenómenos de condensações superficiais e internas nos elementos da envolvente do edifício.

A 7 de maio de 1998 foi publicado o Decreto-Lei n.º 118/98, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), com o intuito de estabelecer regras no dimensionamento e instalação de sistemas energéticos de climatização em edifícios [24].

A transposição da Diretiva 2002/91/CE em Portugal é efetuada com a publicação de três documentos regulamentares que se apresentam no Quadro 2.3.

**Quadro 2.3: Pacote legislativo português referente à eficiência energética dos edifícios, publicado em 2006 [25, 26, 27].**

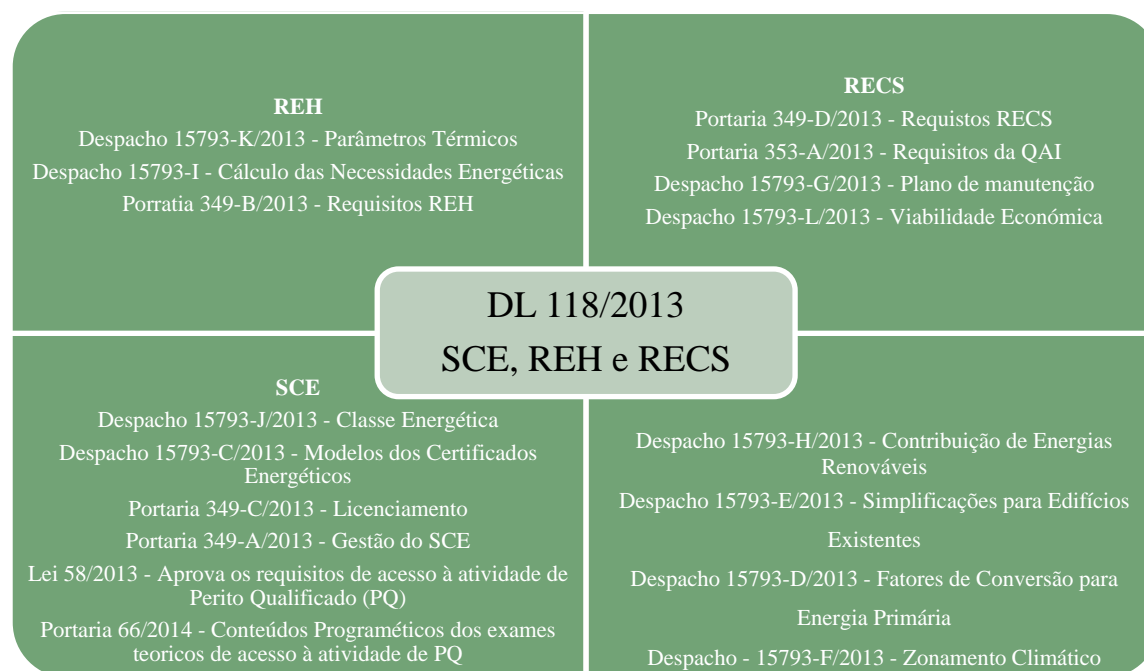
<i>Decreto</i>	<i>Objetivos</i>
<b>Decreto-Lei n.º 78/2006</b>	Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) Assegurar a aplicação regulamentar no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de energias renováveis e às condições de garantia da qualidade do ar interior; Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar no interior dos edifícios;
<b>Decreto-Lei n.º 79/2006</b>	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) Definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios; Melhorar a eficiência energética dos edifícios; Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior; Monitorizar com regularidade as práticas de manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior.
<b>Decreto-lei n.º 80/2006</b>	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) Estabelecer regras a observar no projeto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que as exigências de conforto térmico (aquecimento e arrefecimento), ventilação e água quente sanitária, possam a vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia, e sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas.

A revisão dos regulamentos apresentados no Quadro 2.3 desponta com a necessidade de transpor a Diretiva 2010/31/UE para o território português. Esta transposição surge com a aprovação do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, que engloba num só diploma o

Sistema de Certificação Energética, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). As principais diferenças deste diploma relativamente ao pacote legislativo de 2006 são as seguintes [20]:

- Passa a existir uma separação clara de metodologias e regras dos edifícios de habitação (REH) e de serviços/comércio (RECS), uma vez que a anterior legislação agrupava os edifícios de habitação e os pequenos edifícios de serviços num só diploma;
- Mapa evolutivo de requisitos com horizonte temporal no limite até 2020 (NZEB e rentabilidade económica);
- Introdução de requisitos aos sistemas técnicos;
- Promoção de energias renováveis, com clarificação dos métodos de quantificação;
- Reconhecimento da obrigatoriedade do pré-certificado energético (PCE) e certificado energético (CE) como certificações técnicas.
- Eliminação das auditorias da Qualidade do Ar Interior (QAI).

A publicação do Decreto-Lei n.º 118/2013 foi acompanhada com a publicação de vários Despachos e Portarias (Figura 2.16) que clarificam toda a metodologia de aplicação da nova legislação de eficiência energética dos edifícios.



**Figura 2.16: Portarias e Despachos associados ao Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto [20].**

A nova legislação tem vindo a ser objeto de retificações e alterações, e tem sido acompanhada por publicações de legislação complementar [20]:

- Decreto-Lei n.º 53/2014 de 8 de abril – Regime excecional e temporário aplicável à reabilitação de edifícios ou de frações, cuja construção tenha sido concluída há pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana;
- Portaria n.º 115/2015 de 24 de abril – Primeira alteração à Portaria 349-A/2013, de 29 de novembro (Requisitos REH);
- Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de abril – Estabelece disposições em matéria de eficiência energética e cogeração e procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto;
- Decreto-Lei n.º 194/2015 de 14 de setembro – Procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 53/2013;
- Decreto-Lei n.º 251/2015 de 25 de novembro – Procede à terceira alteração do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto;
- Guia de Perguntas e Respostas, Versão 0, maio de 2015 – divulgação dos esclarecimentos tidos por necessários sobre a aplicação e/ou interpretação do SCE, bem como para a orientação metodológica da atuação dos respetivos técnicos.
- Despacho 14985/2015 de 17 de dezembro – Metodologia de cálculo de Qusable<sup>7</sup> e SPF<sup>8</sup> em bombas de calor aerotérmicas, geotérmicas e hidrotérmicas.
- Portaria 17-A/2016 de 4 de fevereiro – Alteração e Republicação da Portaria 349-D/2013 (Requisitos RECS);
- Despacho 3156/2016 de 01 de março – Substituição do programa de cálculo de determinação da energia produzida pelos sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, no âmbito do SCE.
- Portaria 39/2016 de 7 de março – Procede à segunda alteração do Anexo IV da Portaria n.º 349-A/2013 de 29 de novembro.

A transposição da EPBD RECAST para Portugal veio introduzir novas metodologias e requisitos de eficiência energética mais exigentes nos edifícios, com o claro objetivo de

---

<sup>7</sup> Calor utilizável produzido [20].

<sup>8</sup> Fator médio de desempenho sazonal – rácio entre a produção média Europeia total bruta de eletricidade e o consumo médio Europeu de energia primária para a produção de eletricidade [20].

convergir para edifícios NZEB, estimulando os sistemas passivos através dos requisitos de qualidade térmica da envolvente, exigir a instalação de sistemas técnicos mais eficientes e estimulando o recurso a fontes de energia renovável produzidas no próprio edifício.

#### 2.4.1. Sistema de Certificação Energética de Edifícios

Segundo Martin Elsberger, Responsável da Comissão Europeia pela Implementação da EPBD, em entrevista ao Jornal Público, publicada em 30 de janeiro de 2009, Portugal está no pelotão da frente da Europa, a par da Dinamarca, Holanda, Alemanha e Irlanda, no que diz respeito à legislação sobre eficiência energética e certificação energética em edifícios, sendo reconhecidamente um dos cinco países da UE com melhor processo de certificação energética [30].

A implementação do Sistema de Certificação Energética (SCE) em Portugal ocorreu em julho de 2007 com a entrada em vigor dos Decretos-Lei 78, 79 e 80 de 2006. O SCE é gerido pela ADENE (Agência para a Energia) e fiscalizado pela DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia). Desde então, já foram emitidos mais de 800 mil certificados energéticos de edifícios, cerca de 80% dos quais respeitantes a edifícios existentes e 20% correspondentes a nova construção [29]. A Figura 2.17 apresenta a evolução da emissão de certificados energéticos de edifícios em Portugal durante o período de 2008 e 2014.

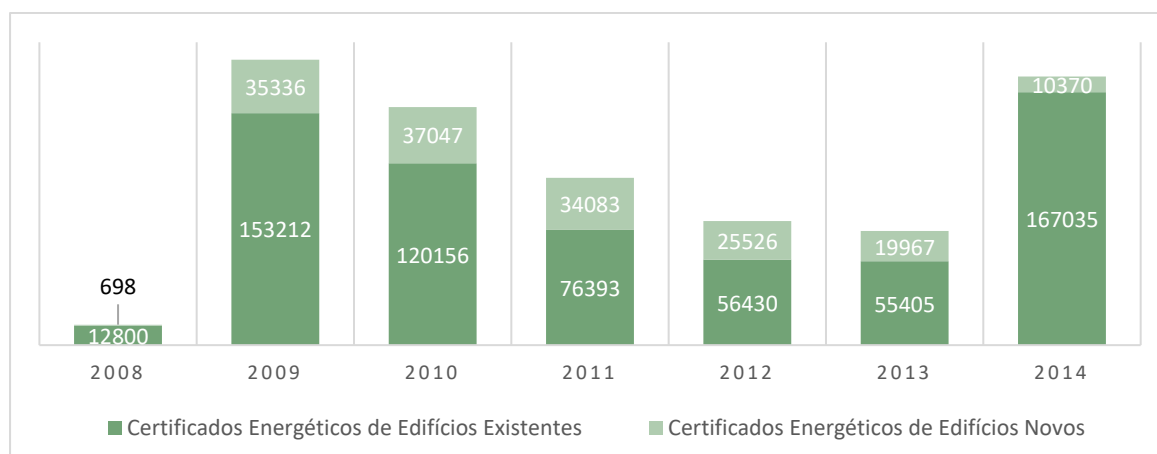


Figura 2.17: Evolução da emissão de certificados energéticos em Portugal entre 2008 e 2014 [29].

As duas principais mais-valias do certificado energético de um edifício são [29]:

1. Disponibilizar informação sobre o desempenho e classe energética que permite a um potencial comprador ou locatário efetuar uma escolha mais informada e consciente;

2. Propor medidas de melhoria, que após implementação permitam reduzir consumos e aumentar a eficiência.

Até à revisão legislativa de 2013, o certificado energético de um edifício existente foi, na grande maioria dos casos, apenas um formalismo e custo necessário à realização de uma escritura ou contrato de locação, pois a sua apresentação era efetuada pelo vendedor apenas no momento de concretização do ato notarial, quando a escolha do comprador já estava feita.

A transposição da EPBD RECAST que resultou na revisão legislativa de 2013, veio corrigir esta situação ao passar a obrigar que a publicitação de venda ou aluguer de um imóvel se fizesse sempre com a apresentação da classe energética.

Segundo o Decreto-Lei 118/2013 existem dois tipos de Certificados:

- Pré-Certificado Energético – Efetuado em fase de projeto, aquando do pedido de licença de construção, tendo uma validade de 10 anos ou até ser obtida a licença de construção.
- Certificado Energético – Efetuado após a conclusão da obra aquando do pedido de licença de utilização, ou aquando de venda ou arrendamento de um edifício, possuindo uma validade de 10 anos.

Nas Figuras 2.18 a 2.20, é possível visualizar o rosto tipo de um certificado energético, bem como alguma da informação que nele consta.

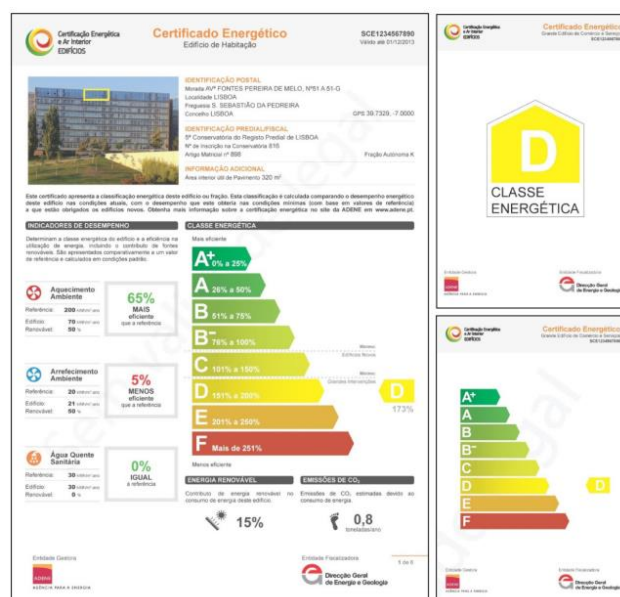


Figura 2.18: Três formas de exibir o Certificado Energético, em três tamanhos diferentes [45].

Tipo	* Descrição das Principais Soluções	* Classificação
1 PAREDES	Parede dupla sem isolamento térmico	★☆☆☆☆
	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior	★★★★★
2 COBERTURAS	Cobertura inclinada de madeira sem isolamento térmico	☆☆☆☆☆
3 PAVIMENTOS	Pavimento interior sem isolamento térmico	★☆☆☆☆
4 JANELAS	Janela simples com caixilharia de alumínio sem corte térmico e vidro simples	★☆☆☆☆

Pior ☆☆☆☆☆ Melhor ★★★★★

Figura 2.19: Exemplo de como o Certificado Energético exhibe a classificação da qualidade dos elementos da envolvente do edifício [44].

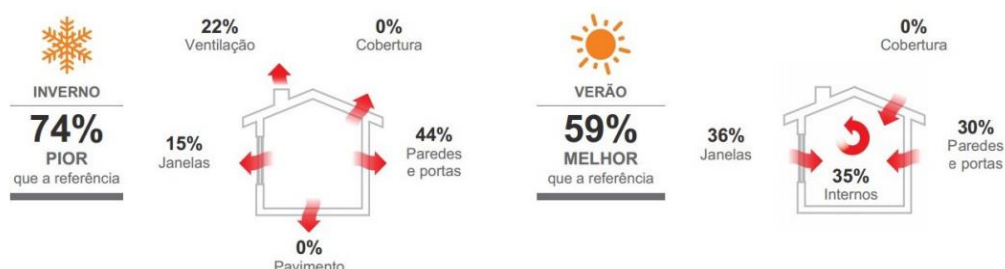


Figura 2.20: Informação acerca dos elementos da envolvente do edifício onde ocorrem perdas e ganhos de calor [44].

A informação que consta num Pré-certificado Energético (PCE) é em tudo semelhante à de um Certificado Energético (CE). A Figura 2.21 representa um fluxograma representativo de todas as fases que compõem um processo de certificação.



Figura 2.21: Fases de apresentação dos Pré-Certificados Energéticos e dos Certificados Energéticos [20].

Os PCE's e CE's são emitidos apenas por Peritos Qualificados do SCE, PQ-I no caso de edifícios de habitação e pequenos edifícios de comércio e serviços e PQ-II no caso de grandes edifícios de serviços<sup>9</sup>. Os PCE's e CE's são documentos distintos caso se esteja a tratar de edifícios de habitação ou de edifícios de serviços (PES ou GES). O presente documento incide, sobretudo na análise energética dos edifícios de habitação.

#### 2.4.1.1. Classe de Eficiência Energética em Edifícios de Habitação

A determinação da classe de eficiência energética é feita com base numa comparação do comportamento do edifício em estudo com um edifício de referência, impondo parâmetros de referência. Matematicamente é determinada através do rácio de classe energética (equação 2.1) [31]:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (2.1)$$

O  $N_{tc}$  corresponde às necessidades nominais anuais de energia primária (expresso em kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)), que consiste na soma das necessidades de energia útil para  $n$  usos diferentes (aquecimento, arrefecimento, AQS e ventilação), por  $j$  vetores energéticos (incluindo fontes de energia renováveis), supridas por  $k$  sistemas. A determinação do valor de  $N_{tc}$  pode ser obtida através da equação 2.2 [31].

$$\begin{aligned} N_{tc} = & \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_{i,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_{v,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \\ & + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_{a,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} \\ & - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} \end{aligned} \quad (2.2)$$

As primeiras três parcelas da equação 2.2 correspondem, respetivamente, às necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ), às necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ) e às necessidades de energia útil para preparação de

<sup>9</sup> Edifício de comércio e serviços cuja área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, iguale ou ultrapasse 1000 m<sup>2</sup>, ou 500 m<sup>2</sup> no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas [28].



águas quentes sanitárias ( $Q_a$ ), afetadas pela parcela das necessidades ( $f_n$ ), pela eficiência dos sistemas técnicos ( $\eta_{n,k}$ ) e ainda pelo fator de conversão de energia útil para energia primária ( $F_{pu}$ ). A quarta parcela corresponde à energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores ( $W_{vm}$ ) caso existam sistemas de ventilação mecânica, e por último, a quinta parcela corresponde à energia produzida a partir de fontes de energia renovável ( $E_{ren}$ ).

O  $N_t$  corresponde ao valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária (expresso em kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.ano)) calculado com base nas condições de referência (equação 2.3) [31].

$$N_t = \sum_j \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{i,REF}} \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{v,REF}} \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{f_{a,k} \cdot \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_{a,REF}} \cdot F_{pu,j} \quad (2.3)$$

Em que  $N_i$  corresponde ao valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento,  $N_v$  corresponde ao valor máximo das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento e  $Q_a$  corresponde ao valor das necessidades de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias, afetados pela eficiência dos sistemas técnicos de referência ( $\eta_{n,REF}$ ) e pela área útil de pavimento ( $A_p$ ).

Os intervalos de valores de  $R_{Nt}$  para a determinação da classe de eficiência energética dos edifícios de habitação são apresentados no Quadro 2.4.

Analisando os valores do rácio de eficiência energética do Quadro 2.4, rapidamente se conclui que quanto menores forem as necessidades nominais anuais de energia primária melhor será a classificação energética obtida, e quanto maiores forem os requisitos de referência para obtenção do  $N_t$  maior será a dificuldade em se obter classes de eficiência energética elevadas (A+ corresponde à maior classe de eficiência energética).

A revisão legislativa de 2013 eliminou a classe de eficiência energética G, estando atualmente em vigor as classes de eficiência energética apresentadas na etiqueta energética do Quadro 2.4.

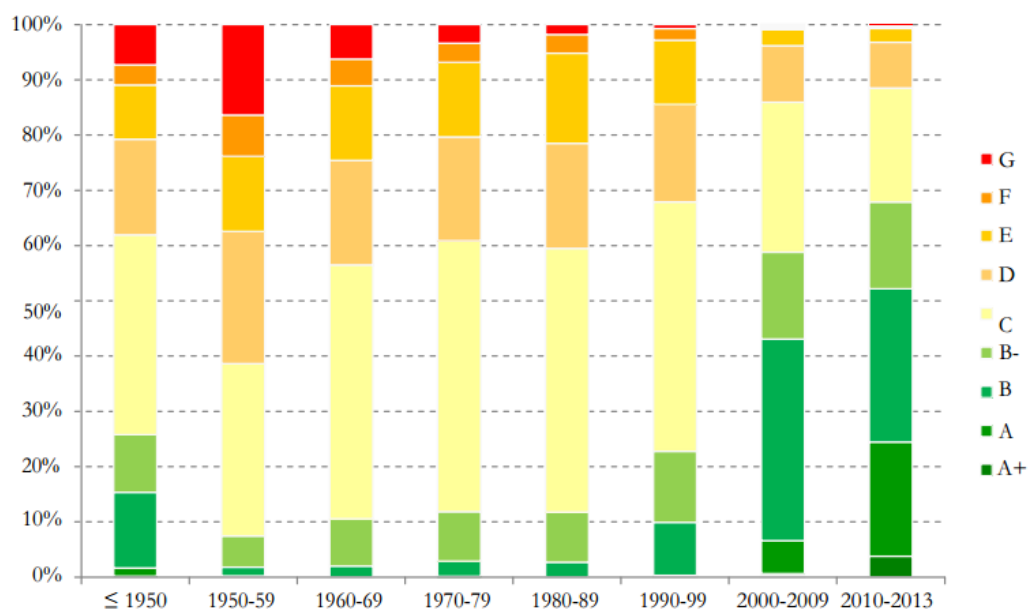
Para os edifícios novos a classe mínima de eficiência energética é a classe B-, para os edifícios sujeitos a grande intervenção a classe mínima é a C e para os edifícios existentes não existe exigência para a classe de eficiência energética.



**Quadro 2.4:** –Intervalos de valor de  $R_{Nt}$  para a determinação da classe energética em pré-certificados e certificados SCE de modelo tipo Habitação [31]. Colona da direita contém a Etiqueta Energética usada no SCE [32].

Classe Energética	Rácio $R_{Nt}$	Etiqueta de Eficiência energética [32]
A+	$R_{Nt} \leq 0,25$	A+
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$	A
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$	B
B-	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$	B-
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$	C
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$	D
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$	E
F	$R_{Nt} \geq 2,51$	F

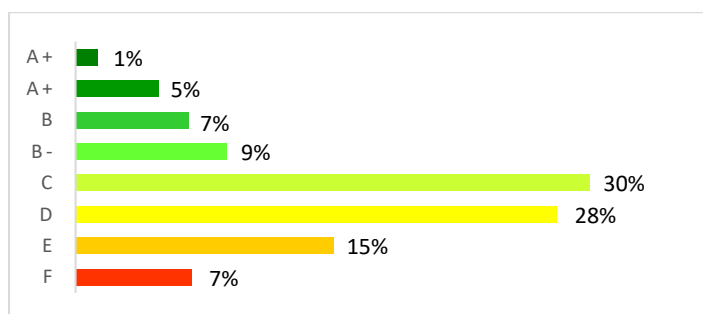
O gráfico da Figura 2.22 apresenta a evolução do desempenho energético dos edifícios por período de construção dos mesmos. Pode-se observar que existe uma clara melhoria a partir de 1990, data que coincide com o lançamento do primeiro regulamento sobre as características de comportamento térmico dos edifícios, o Decreto-Lei n.º 40/90 de fevereiro de 1990 [33].



**Figura 2.22:** Evolução do desempenho energético dos edifícios por período de construção [33].

A transposição da EPBD de 2002 para Portugal, através da implementação do pacote legislativo de 2006, provocou uma clara melhoria no desempenho energético dos edifícios construídos depois de 2009, como se pode observar no gráfico da figura anterior.

O gráfico da Figura 2.23 apresenta a distribuição das classes energéticas relativas aos certificados energéticos emitidos no período compreendido entre dezembro de 2013 e abril de 2016, respeitantes aos edifícios de tipologia habitação [34].



**Figura 2.23: Distribuição das classes energéticas relativas aos certificados energéticos emitidos no período compreendido entre dezembro de 2013 e abril de 2016 e respeitantes aos edifícios de tipologia habitação [34].**

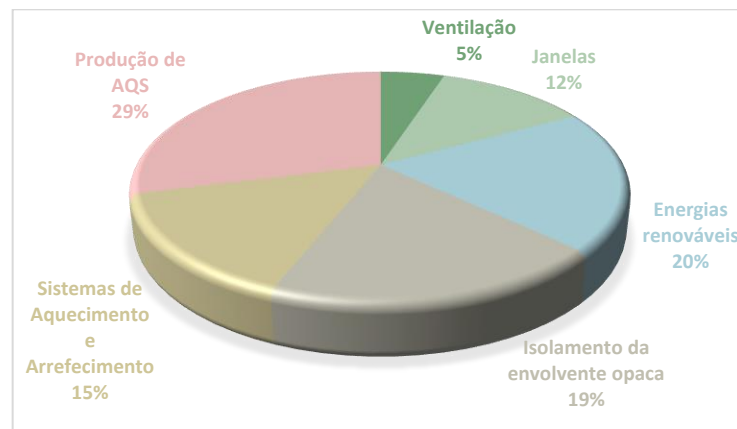
O gráfico da figura anterior mostra que 80% dos certificados emitidos naquele período apresentam classe de eficiência energética igual ou inferior a C, abaixo do patamar de referência para os edifícios novos. Estes edifícios apresentam um potencial enorme para a melhoria da eficiência energética.

#### *2.4.1.2. Medidas de Melhoria nos Certificados Energéticos*

Pode afirmar-se que o certificado energético assume o papel de um “BI do edifício para a eficiência energética” [35], contrariando o desconhecimento por parte dos utilizadores, e promovendo em contexto de projeto e reabilitação, a implementação de medidas de melhoria e o cumprimento de requisitos de eficiência energética.

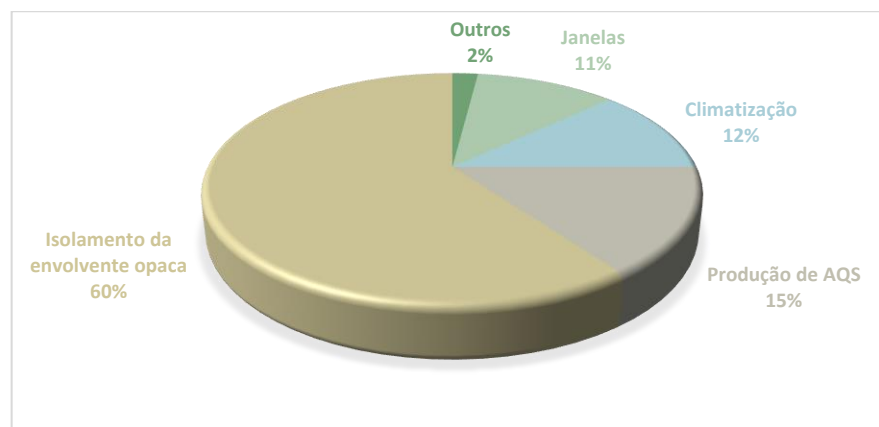
No final de 2012, 94% de todos os certificados energéticos incluíam um relatório de medidas de melhoria, 44% destas medidas incidiam sobre os sistemas técnicos de produção de AQS, aquecimento e arrefecimento, 20% em energias renováveis e 31% nos elementos da envolvente opaca e não opaca (janelas) [20]. A reduzida percentagem referente à implementação de medidas de melhoria na envolvente opaca dos edifícios é justificada pelo facto de, na legislação de 2006, os elementos da envolvente opaca possuírem um peso no balanço energético claramente inferior ao peso dos sistemas técnicos de aquecimento,

arrefecimento e produção de AQS. A distribuição das medidas de melhoria de todos os certificados energéticos, no final de 2012, é apresentada no gráfico da Figura 2.24.



**Figura 2.24:** Distribuição da incidência das medidas de melhoria dos certificados energéticos emitidos até ao final de 2012 [20].

Desde dezembro de 2012, com a revisão legislativa do SCE, Decreto-Lei n.º 118/2013, verifica-se que, para os edifícios de habitação, cerca de metade das medidas de melhoria incidem sobre o isolamento da envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos), seguido pelas medidas relativas à produção de água quente solar (utilização de energia solar térmica para AQS) e climatização ou instalação de vãos envidraçados. A distribuição das medidas de melhoria em edifícios de habitação até 31 de dezembro de 2014 é apresentada no gráfico da Figura 2.25.



**Figura 2.25:** Distribuição das medidas de melhoria – Edifícios de Habitação (DL 118/2013) – dados até 31 de dezembro de 2014 [35]

Analisando os gráficos das Figuras 2.24 e 2.25, verifica-se uma clara expansão nas medidas de melhoria relacionadas com a componente passiva, as quais são responsáveis pela melhoria do conforto das habitações, independentemente da existência e utilização de

equipamentos de climatização. Estas medidas são especialmente prementes quando integradas no âmbito da reabilitação urbana, a qual se prevê vir a ter uma maior expressão nas próximas décadas [35].

---

#### 2.4.2. Incentivos à Reabilitação Energética de Edifícios

O certificado energético constitui também um canal de acesso a incentivos. Uma prova deste canal consiste no lançamento em fevereiro de 2015 do Aviso 10 – Edifício Eficiente (Isolamentos e Paredes), que promove a implementação, em edifícios existentes de habitação, anteriores a 1990, de soluções de isolamento térmico em coberturas e paredes exteriores, que promovam a melhoria do desempenho energético dessas habitações que, em simultâneo, proporcionem uma redução ou eliminação das patologias construtivas e melhoria do conforto higrotérmico. De acordo com a alínea b) do ponto 13.2 (Requisitos das Operações a Apoiar) do Aviso 10 – Edifício Eficiente (Isolamentos e Paredes), para que o proprietário do edifício possa receber incentivos é necessário que o edifício ou fração disponha de certificado energético SCE emitido no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), no qual conste a medida de melhoria de eficiência energética para a tipologia de operação a que se candidata e no caso de edifícios multifamiliares deve ser apresentado o certificado energético de pelo menos uma das frações candidatas [36].

De acordo com o exposto no ponto 1 do artigo 44º-B da Lei n.º 82/2014, de 31 de dezembro (Reforma da Fiscalidade Verde), os municípios podem fixar uma redução até 15% da taxa do imposto municipal sobre imóveis aos prédios urbanos com eficiência energética, ou seja, edifícios ou frações com classe de eficiência energética A ou superior ou quando reabilitados de forma eficiente<sup>10</sup> [37].

No âmbito do acordo Portugal 2020, foi publicada a Portaria n.º 57-B/2015, que estabelece o Regulamento Específico no Domínio da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, onde são identificados um conjunto de critérios específicos de elegibilidade, que no caso dos edifícios de habitação, destaca-se a necessidade de evidenciar que as intervenções apoiadas resultam em melhoramentos significativos em termos de eficiência energética, correspondendo a um aumento de pelo menos dois níveis no certificado

---

<sup>10</sup> Entende-se por reabilitação energeticamente eficiente a circunstância de a classe atribuída ser superior em pelo menos duas classes, face à classe energética anteriormente certificada.

energético face à classe de desempenho energético anterior à realização do investimento (alínea d do Artigo 31º da Portaria n.º 57-B/2015) [38].

Recentemente foi lançado, através do Fundo de Eficiência Energética, o “Aviso 20 – Edifícios Eficientes 2016”, que tem como objetivo otimizar as condições de uso e consumo de energia no setor dos edifícios. Este incentivo permite incentivos financeiros para medidas de eficiência energética, tais como a instalação de sistemas solares térmicos, substituição de janelas e reforço do isolamento térmico da envolvente dos edifícios.

Estes incentivos vêm reforçar a importância do Certificado Energético e das Medidas de Melhoria que nele constam, bem como a necessidade de explorar o seu potencial, nomeadamente pela redução de necessidades de energia, beneficiação da eficiência dos sistemas e promoção da utilização de fontes de energia renovável. Estima-se que com a implementação das medidas de melhoria já identificadas nos certificados energéticos, seria possível gerar uma atividade económica de até 2 mil milhões de euros, e contribuir para uma poupança energética média de 40% da energia despendida nas habitações [36].



## CAPÍTULO 3

### EDIFÍCIOS DE ENERGIA QUASE NULA





### 3. EDIFÍCIOS DE ENERGIA QUASE NULA

Neste capítulo pretende-se aprofundar o conceito de edifícios de energia quase nula (NZEB), identificando o estado atual de implementação do conceito nos diferentes Estados Membros, dando foco à situação de Portugal. Este capítulo também aborda o nível ótimo de rentabilidade económica.

#### 3.1. DEFINIÇÃO DO CONCEITO NZEB

A EPBD RECAST, no seu Artigo 9º, introduziu o conceito de “Edifícios com necessidades de energia quase nulas”, designados pela sigla NZEB (*Nearly Zero Energy Buildings*)<sup>11</sup>. Como já foi referido no ponto 2.3, a EPBD RECAST impõe aos EM a obrigação de garantirem que até 31 de dezembro de 2020, que todos edifícios novos sejam edifícios com necessidades de energia quase nulas e após 31 de dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados por entidades públicas sejam, igualmente, edifícios com necessidades de energia quase nulas. Apesar de não ser traçada nenhuma meta para a renovação dos edifícios, cada EM deverá também elaborar o seu plano nacional que vise aumentar o número de edifícios com o nível de eficiência energética NZEB.

Segundo esta Diretiva, o NZEB é definido como um edifício com desempenho energético muito elevado e as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis produzidas no local ou nas proximidades [18].

A EPBD RECAST afirma que os EM são responsáveis pela definição de NZEB nos seus planos nacionais, refletindo as condições nacionais, regionais ou locais, incluindo um indicador numérico da utilização de energia primária expresso em kWh/(m<sup>2</sup>.ano).

A definição de NZEB da EPBD RECAST e os princípios que a englobam constituem o principal núcleo de discussões em torno deste tema, já que a EPBD RECAST não apresenta uma definição clara e quantitativa de NZEB, mas antes uma definição qualitativa.

---

<sup>11</sup> É importante ressaltar que a sigla NZEB é adotada, neste documento para o conceito de *Nearly Zero Energy Buildings*, no entanto, em muitos casos, esta sigla poderá representar um conceito mais exigente de *Net Zero Energy Buildings* (em português, edifícios com necessidades de energia nulas) cuja sigla associada é designada neste documento pela sigla nZEB.

A elaboração de uma definição NZEB por cada EM irá depender de inúmeras variáveis que incluem a viabilidade económica e técnica, clima, soluções de construção tradicionais, arquitetura e tipo de uso. Como tal, a criação clara e objetiva de um edifício modelo com necessidades de energia quase zero, exige que numerosos aspetos relativos ao ciclo de vida do edifício sejam levados em consideração [40].

Uma das possíveis definições de NZEB encontra-se representada na Figura 3.1.

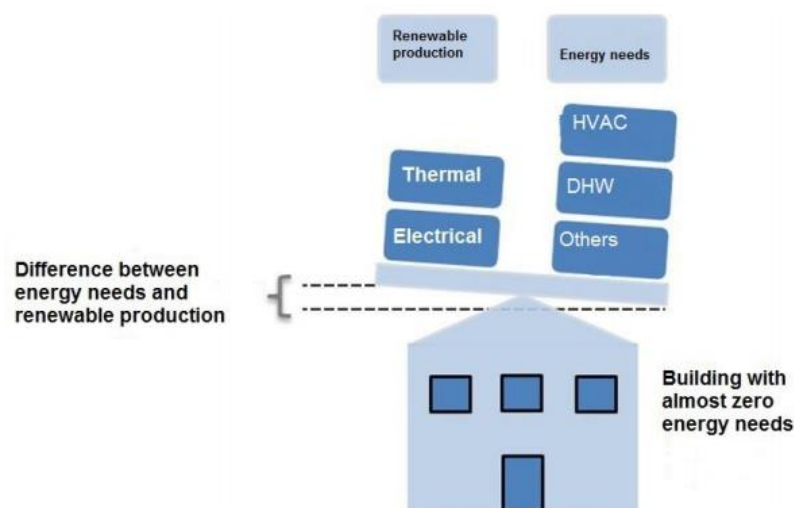
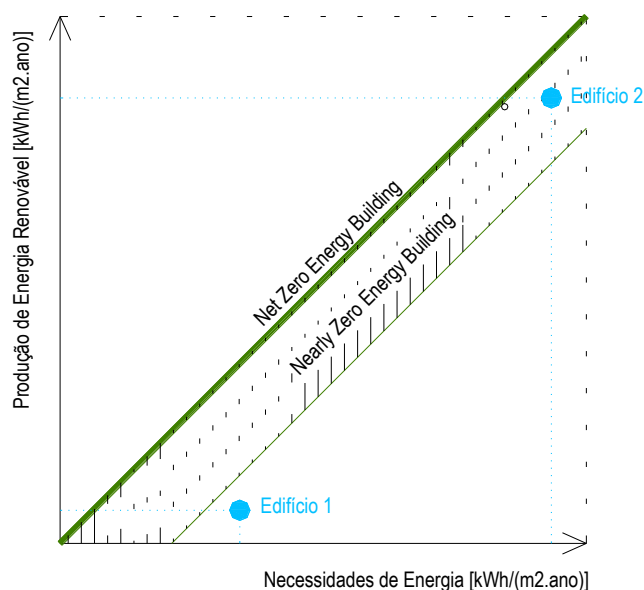


Figura 3.1: Representação de uma possível definição de NZEB [40].

A figura anterior representa um balanço energético de um edifício em que as necessidades de energia para climatização, produção de águas quentes sanitárias e outros têm que ser supridas em grande parte por produção de energia renovável térmica e/ou elétrica e a diferença entre as necessidades de energia do edifício e a produção de energia renovável terá de ser o menor possível, de modo a que se mantenha um equilíbrio energético. Este facto leva ao levantamento de uma questão: quais serão os limites de necessidades de energia a considerar num NZEB? De acordo com a definição da EPBD RECAST, estas necessidades de energia têm que ser supridas em grande parte por fontes de energia renovável, no entanto, e apesar de ser renovável, estas fontes não deixam de ser energia. Considerem-se dois edifícios: um com enormes necessidades de energia, em que estas são supridas quase na sua totalidade por fontes de energia renovável, e outro com reduzidas necessidades de energia, mas o balanço entre as necessidades de energia e a energia produzida a partir de fontes renováveis é negativo. Será que estes edifícios podem ser considerados NZEB? A figura 3.2. apresenta a relação entre as necessidades de energia dos dois edifícios e a sua produção de energia renovável.



**Figura 3.2: Relação entre as necessidades de energia de dois edifícios e a sua produção de energia renovável (adaptado [41]).**

Segundo Maldonado, E. (2012) existem três questões fundamentais que necessitam de ser esclarecidas para que este conceito fique totalmente claro [39]:

- Quão próximo de zero estão as “necessidades quase nulas de energia”?
- Qual o raio de distância mínimo para as proximidades, no que diz respeito à produção de energia proveniente de fontes renováveis?
- Quais são os consumos de energia que devem ser contabilizados para efeito de quantificação do consumo de energia total anual do edifício?

Estas três questões têm que ser analisadas por cada EM de acordo com as suas próprias exigências, através de estudos que permitam criar planos nacionais que indiquem com clareza os objetivos a atingir para se obter um NZEB, refletindo as condições de cada país, e que definam objetivos intermédios relativos à melhoria continua da performance energética dos edifícios [39].

O estatuto NZEB poderá ser alcançado de acordo com a seguinte metodologia:

1. Reduzir as necessidades energéticas do edifício;
2. Produção de energia a partir de fontes de energia renovável.

A Figura 3.3 representa a metodologia que deverá ser usada para que um edifício alcance o estatuto NZEB.

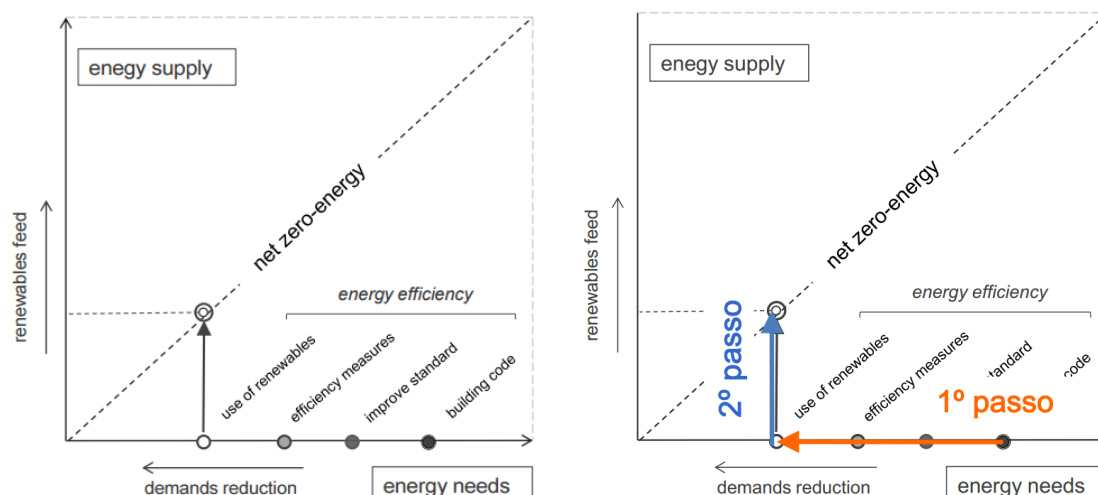


Figura 3.3: Metodologia para alcançar o estatuto de NZEB [41].

A redução das necessidades energéticas dos edifícios será conseguida através de estratégias de conceção, novas tecnologias construtivas, sistemas eficientes e uma boa integração urbana (Figura 3.4.).



Figura 3.4: Redução das necessidades energéticas dos edifícios [41].

A produção de energia a partir de fontes renováveis poderá ser conseguida através de tecnologias que serão aprofundadas no Capítulo 5. As principais fontes de energia renovável são: energia solar; energia eólica; energia hídrica; energia geotérmica; energia das ondas das marés; energia da biomassa.

Uma das metodologias que poderá ser usada para definir e quantificar o conceito NZEB é a Passive House.

O conceito Passive House, originalmente desenvolvido na Alemanha, consiste num sistema de construção que é projetado com o objetivo de conceber um edifício muito bem isolado termicamente, praticamente hermético, que é aquecido principalmente pelos ganhos solares passivos e pelos ganhos internos<sup>12</sup>. As perdas de energia do edifício são minimizadas e as necessidades de aquecimento são muito reduzidas. Uma Passive House evita os ganhos de calor, na estação de arrefecimento<sup>13</sup>, através de uma correta localização dos vãos envidraçados e da instalação de dispositivos de sombreamento. Possuem um ventilador com recuperação de calor que proporciona a entrada de ar novo a uma temperatura constante [46].

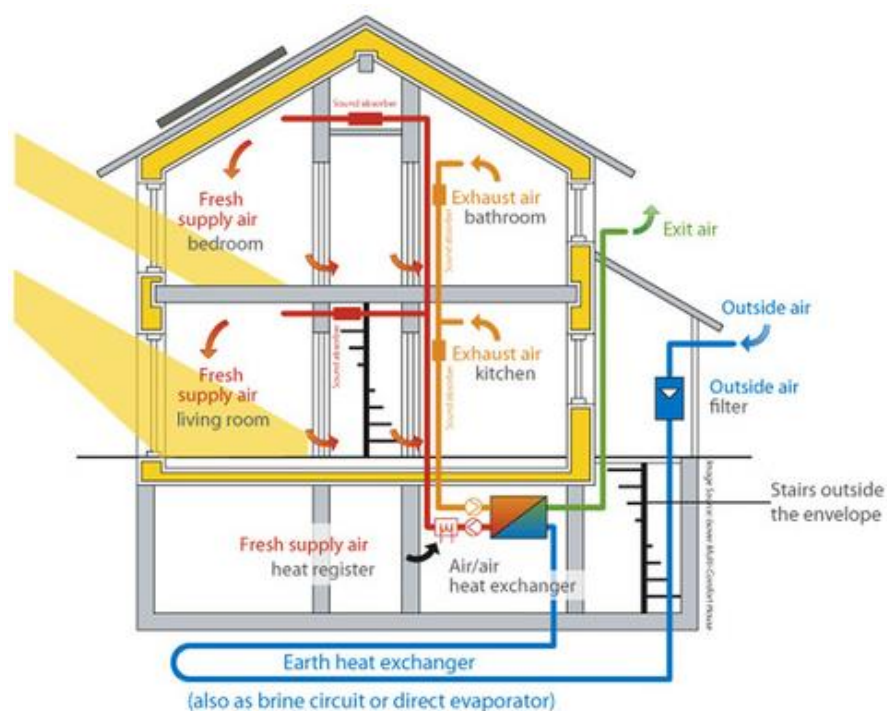


Figura 3.5: Esquema de princípio de uma Passive House [46].

Segundo a Associação Passive House Portugal – PHPT, as poupanças energéticas numa Passive House podem atingir os 75% em comparação com os edifícios convencionais.

<sup>12</sup> Ganhos de calor produzido no interior dos edifícios através dos seus utilizadores e do funcionamento da iluminação interior e equipamentos elétricos.

<sup>13</sup> verão – estação de arrefecimento; inverno – estação de aquecimento.

Segundo esta mesma Associação, os principais princípios do conceito da Passive House são [47]:

1. Garantir adequados níveis de isolamento térmico nos elementos construtivos da envolvente dos edifícios;
2. Utilizar janelas e portas adequadas à norma Passive House;
3. Definir um sistema de ventilação com recuperação de calor;
4. Garantir a estanquidade ao ar do edifício;
5. Evitar pontes térmicas na envolvente o edifício.

Os principais requisitos de eficiência energética de uma Passive House são apresentados no Quadro 3.1.

**Quadro 3.1: Requisitos da Passive House.**

<b>Necessidades de aquecimento [kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>	<b>&lt; 15 kWh/m<sup>2</sup>.ano</b>
<b>ou</b>	
<b>Carga máxima para aquecimento</b>	<b>&lt; 10 W/m<sup>2</sup></b>
<b>Necessidades de arrefecimento [kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>	<b>&lt; 15 kWh/m<sup>2</sup>.ano</b>
<b>ou</b>	
<b>Carga máxima para arrefecimento</b>	<b>&lt; 10 W/m<sup>2</sup></b>
<b>Necessidades de energia primária</b>	<b>&lt; 120 kWh/m<sup>2</sup>.ano</b>
<b>Estanquidade ao ar (resultado Blower Door Test)</b>	<b>&lt; 0,6 h<sup>-1</sup></b>
<b>Temperatura interior mínima</b>	<b>20 °C</b>
<b>Temperatura interior máxima</b>	<b>26 °C</b>
<b>Excesso de temperatura</b>	<b>&lt; 10% do tempo</b>

Analisando o conceito Passive House e a definição de NZEB da EPBD RECAST, poderá concluir-se que um NZEB será uma junção do conceito Passive House e a produção local de energia a partir de fontes renováveis. No entanto, o valor limite para as necessidades de aquecimento da norma Passive House é demasiado exigente para o nosso país, dado tratar-se de um país de clima mediterrânico (clima ameno).

### 3.2. ESTADO ATUAL DA IMPLEMENTAÇÃO DO CONCEITO NZEB NOS DIFERENTES ESTADOS-MEMBROS

Como já foi referido anteriormente, a UE pretende estimular o aumento do número de edifícios energeticamente eficientes, contribuindo para a diminuição da sua dependência energética.

O artigo 9º da EPBD RECAST exige que todos os EM elaborem uma definição nacional de NZEB, mas também exige que adotem medidas que promovam ativamente estes edifícios no mercado imobiliário. Neste sentido, a UE exigiu que todos os EM apresentassem, até ao ano de 2015, os seus planos nacionais com definições claras e medidas políticas e de incentivos financeiros para a promoção dos NZEB. Estes planos deverão incluir objetivos intermédios para melhorar o desempenho dos edifícios novos e devem ser atualizados em cada 3 anos [41]. O ROADMAP para a implementação dos NZEB na UE é apresentado na Figura 3.6.

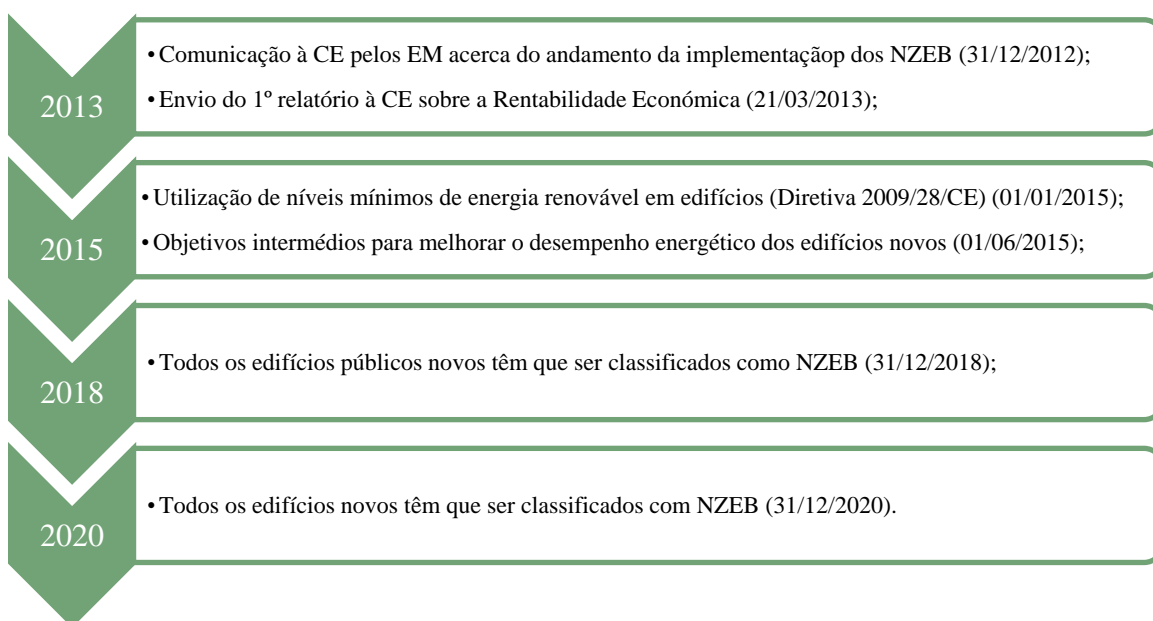


Figura 3.6: ROADMAP para a implementação dos NZEB (adaptado de BPIE 2015) [41].

Segundo o relatório *Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe* realizado pela BPIE (*Buildings Performance Institute Europe*) em 2015, a maioria dos EM já informou a CE acerca das metas intermédias para melhorar o desempenho energético dos edifícios novos, e em alguns casos foram mais exigentes nas medidas estabelecidas para uma transição gradual para níveis NZEB. Por exemplo, a Dinamarca e a Eslováquia

impuseram limites aos consumos de energia primária nos edifícios novos a partir de 2015, estes limites são apresentados no Quadro 3.2 [41].

**Quadro 3.2: Convergência para NZEB para a Dinamarca e Eslováquia: Consumo de energia primária máxima em kWh/m<sup>2</sup>.ano para edifícios de habitação unifamiliares [41].**

<i>País</i>	<i>Antes de 2015</i>	<i>2015</i>	<i>2021</i>
<i>Dinamarca</i>	52,5 + 1650/(Área bruta aquecida) [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	30 + 1000/(Área bruta aquecida) [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	20 [kWh/m <sup>2</sup> .ano] (NZEB)
<i>Eslováquia</i>	109 – 216 [kWh/m <sup>2</sup> .ano] (Classe Energética B)	55 – 108 [kWh/m <sup>2</sup> .ano] (Classe Energética A1)	54 [kWh/m <sup>2</sup> .ano] (Classe Energética A0)

Outro bom exemplo é o da Bélgica, nomeadamente o da Região da Capital Bruxelas, onde os requisitos NZEB para os novos edifícios foram oficialmente definidos em 2011 e aplicados a partir de 2015 [41]. Os principais requisitos aplicados por esta região são ao nível da qualidade térmica da envolvente dos edifícios ( $U_{\text{máx}}$ ), limite máximo para as necessidades de aquecimento fixado em 15 kWh/m<sup>2</sup>.ano, limite máximo para as necessidades de energia primária fixado em 45 kWh/m<sup>2</sup>.ano, sendo que a aplicação destes requisitos já resultou numa redução de 25% de energia em comparação com edifícios não sujeitos a estes requisitos [45].

A EPBD RECAST não prescreve uma abordagem comum para a implementação de edifícios de energia quase nula, nem descreve as categorias de avaliação em detalhe. Assim, cada EM estabeleceu parâmetros diferentes, tanto em termos de quantidade e qualidade, nas suas definições NZEB [41]. O Anexo 1 apresenta uma visão de cada país dos principais aspetos relacionados com as definições nacionais NZEB na UE28.

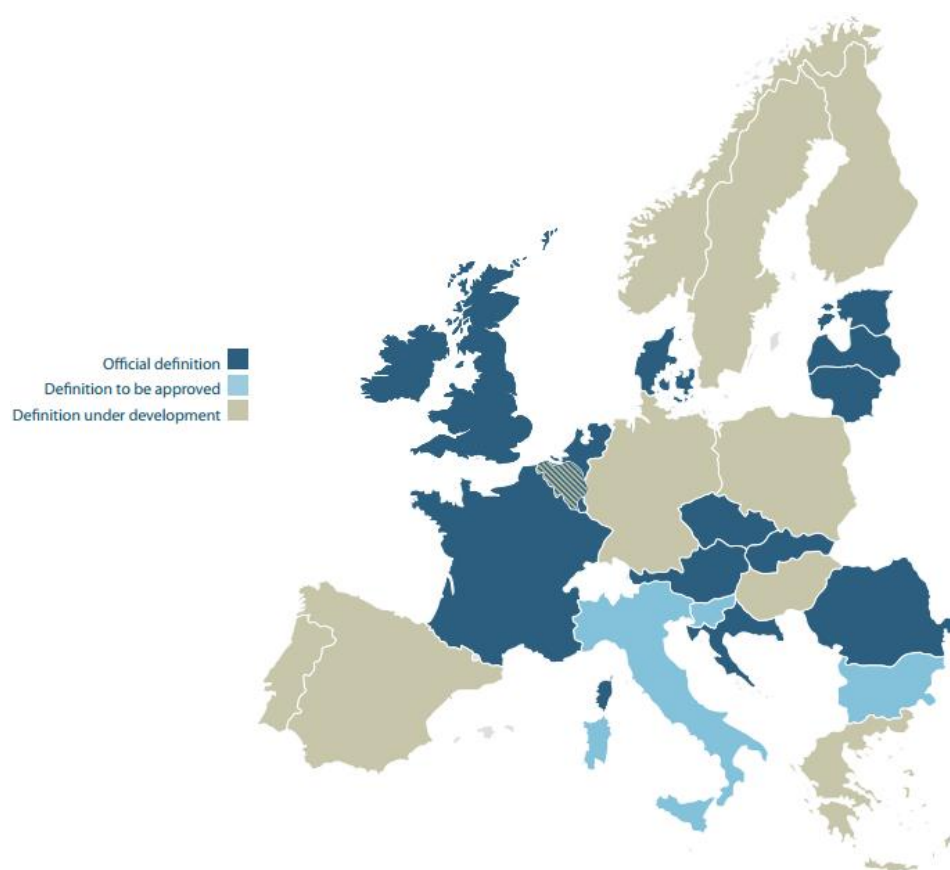
Na maior parte dos EM as definições NZEB referem-se a um máximo de energia primária como um dos principais indicadores, e em alguns casos, como por exemplo o Reino Unido, Noruega e Espanha, usam as emissões de CO<sub>2</sub> como principal indicador. Para os edifícios residenciais, a maioria das legislações obrigam a que o consumo de energia primária não ultrapasse os 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano [41].

Apenas 11 EM e duas regiões da Bélgica (Capital Bruxelas e Flanders) elaboraram uma definição NZEB que compreende uma meta numérica para o uso de energia primária e consideram uma quota de energias renováveis de uma forma quantitativa ou qualitativa.



Em 8 destes países/regiões, é explicitamente indicada a percentagem de consumo de energia primária que deve ser coberta por fontes de energia renováveis, enquanto que em outros países/regiões as fontes de energia renováveis são consideradas indiretamente. Por exemplo, no caso da Dinamarca, espera-se que a quota de energias renováveis seja superior a 50% no ano de 2020 [41].

Até 2015, 15 países elaboraram uma definição NZEB, e em 3 deles foram definidos requisitos NZEB que devem ser transpostos para as suas legislações nacionais, os restantes países, incluindo Portugal, a definição NZEB ainda se encontra em discussão, não tendo sido finalizada. A Figura 3.7 apresenta o estado da definição NZEB para os novos edifícios nos diversos EM.



**Figura 3.7:** Mapa europeu do estado da definição NZEB para os novos edifícios nos diversos EM [41].

Analisando a tabela apresentada no Anexo I, com a visão de cada país na UE28 dos principais aspetos relacionados com as definições nacionais NZEB, conclui-se que existe uma grande variação nos valores definidos para os consumos máximos de energia primária entre os vários EM, o valor mais alto para o limite de consumo de energia primária é de

160 kWh/m<sup>2</sup>.ano definido pela Áustria e o valor mais baixo corresponde a 20 kWh/m<sup>2</sup>.ano definido pela Dinamarca.

No que diz respeito aos edifícios existentes, até 2015, apenas 8 países estabeleceram requisitos NZEB.

### 3.3. DEFINIÇÃO NZEB EM PORTUGAL

Apesar de ainda não existir uma definição concreta de NZEB para o contexto português, os requisitos de eficiência energética dos edifícios sofreram um aumento significativo com o novo pacote legislativo de 2015, nomeadamente com a entrada em vigor da Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro. Esta legislação estará em vigor por um período de 2 anos, e apesar de um período de adaptação inicial, o mercado aparenta ter-se ajustado às mudanças [44].

Os requisitos de desempenho energético estabelecidos para os edifícios de habitação foram definidos em termos de necessidades de energia útil para aquecimento e arrefecimento e para o total de energia primária para aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias (AQS), sendo que a metodologia de cálculo é baseada na comparação com um edifício de referência, e inclui os parâmetros apresentados no Quadro 3.3. O edifício de referência é do mesmo tipo que o edifício em avaliação (áreas, envolventes, sistemas técnicos, etc.), mas com valores de referência para os elementos construtivos e sistemas técnicos, sem a contribuição de sistemas de aproveitamento de energia de fonte renovável [44]. É importante referir que a legislação de eficiência energética dos edifícios que se encontra em vigor em Portugal contempla a obrigatoriedade, nos edifícios novos e sujeitos a grande intervenção, de um valor mínimo de contribuição de energia renovável para a produção de AQS. Segundo a legislação atualmente em vigor, esta contribuição deverá ser superior à energia solar produzida por um coletor solar padrão com área de abertura de 0,65 m<sup>2</sup> por ocupante, orientação a Sul, inclinação de 35°, coeficiente de perdas  $a_1 = 4,12 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $a_2 = 0,014 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^2)$  e rendimento ótico de 73%.

Quadro 3.3: Requisitos incluídos na metodologia de cálculo da eficiência energética dos edifícios [44].

Principais requisitos		Requisitos incluídos na metodologia de cálculo
Edifícios de Habitação	Comportamento térmico, Energia e qualidade do ar interior	Conforto térmico
		Requisitos mínimos para o valor de $U$ , incluindo pontes térmicas
		Janelas – fator solar e dispositivos de sombreamento
		Ventilação, qualidade do ar interior, infiltrações
Edifícios de Serviços	Ventilação e qualidade do ar interior	Valor máximo de necessidades de energia e valor máximo de consumo de energia primária
		Caudal mínimo de ar novo do exterior, qualidade do ar interior, infiltrações
	Instalação e manutenção	Sem relevância na metodologia de cálculo

O Quadro 3.4 apresenta a evolução dos requisitos mínimos para os valores de  $U$  nos edifícios de habitação, para duas cidades portuguesas com dados climáticos distintos, ao longo das últimas décadas.

Quadro 3.4: Evolução dos requisitos mínimos do valor de  $U$  para edifícios habitacionais [44].

Intervalo de tempo		1990-2006		2006-2012		2012-2016		Depois de 2016	
		Lisboa	Bragança	Lisboa	Bragança	Lisboa	Bragança	Lisboa	Bragança
Valor de $U$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	Paredes exteriores	1,40	0,95	0,70	0,50	0,50	0,35	0,40	0,30
	Pavimentos e coberturas exteriores	1,10	0,75	0,50	0,40	0,40	0,30	0,35	0,25
	Vãos envidraçados exteriores	4,20	4,20	4,20	3,30	2,90	2,40	2,80	2,20
	Pontes térmicas planas	Dobro do valor de $U$ da zona corrente							

O quadro anterior demonstra uma diminuição muito significativa nos valores de  $U$  da envolvente dos edifícios de habitação. Esta diminuição tem como consequência a redução

das necessidades de energia útil para aquecimento do edifício de referência ( $N_i$ ), sendo este o valor limite das necessidades de energia útil para aquecimento dos edifícios novos.

Os requisitos mínimos para o valor de  $U$ , atualmente em vigor, podem ser consultados na Portaria n.º 379-A/2015 de 22 de outubro, e correspondem aos valores constantes na coluna do período 2012-2016 do Quadro 3.4.

O Quadro 3.5 apresenta os valores médios em termos de necessidades de energia útil e de energia primária para os edifícios de habitação construídos antes da EPBD RECAST, ao abrigo da Diretiva 2002/91/CE e após a publicação da Diretiva 2010/31/UE.

**Quadro 3.5: Indicadores de desempenho energético e correspondentes requisitos para edifícios de habitação novos e existentes [44].**

	<i>Edifícios existentes</i>				<i>Edifícios novos</i>	
	<b>Antes de 2006</b>		<b>2006-2013</b>		<b>Depois de 2013</b>	
	Média	Máximo	Média	Máximo	Média	Máximo
<i>Necessidades de energia útil para aquecimento [kWh/m².ano]</i>	94	a)	45	b)	45	c)
<i>Necessidades de energia útil para arrefecimento [kWh/m².ano]</i>	15	14	12	13	10	10
<i>Necessidades de energia útil para preparação de AQS [kWh/m².ano]</i>	36	-	18	d)	17	d)
<i>Necessidades de energia primária [kWh<sub>EP</sub>/m².ano]</i>	259	e)	87	f)	103	g)

a) variação entre 33 - 56 kWh/m².ano (1º e 3º quartil);

b) variação entre 38 - 66 kWh/m².ano (1º e 3º quartil);

c) variação entre 46 - 75 kWh/m².ano (1º e 3º quartil);

d) Contribuição mínima de energia solar para preparação de águas quentes sanitárias;

e) variação entre 105 - 182 kWh/m².ano (1º e 3º quartil);

f) variação entre 88 - 177 kWh/m².ano (1º e 3º quartil);

g) variação entre 113 - 220 kWh/m².ano (1º e 3º quartil);

A comparação entre os diferentes períodos dos valores apresentados no quadro anterior, com a finalidade de avaliar o impacto dos requisitos da qualidade térmica da envolvente apresentados no Quadro 3.5, não é recomendada devido às diferenças entre as metodologias

de cálculo, requisitos, estudos de rentabilidade económica, dados climáticos, etc., observados entre o pacote legislativo de 2006 e o pacote legislativo de 2013 [44].

Os valores médios nos edifícios novos (depois de 2013) das necessidades de energia útil para arrefecimento ( $10 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$ ) e as necessidades de energia primária ( $103 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\text{.ano}$ ) são inferiores aos valores exigidos pela norma Passive House ( $15 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$  para arrefecimento e  $120 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\text{.ano}$  para energia primaria). Apesar do valor médio das necessidades de energia útil para aquecimento ter sofrido um decréscimo significativo relativamente aos valores observados no período anterior a 2006, indicando uma clara melhoria nos processos construtivos e no uso de sistemas solares passivos, o valor médio observado para o período pós 2013 corresponde ao triplo do valor máximo exigido pela norma Passive House ( $15 \text{ kWh/m}^2\text{.ano}$ ). Este indicador permite concluir que, no caso das necessidades de energia útil para aquecimento, a norma Passive House poderá ser demasiado exigente para a realidade do mercado de construção em Portugal e que este mercado tem grande margem para se modernizar ao nível dos sistemas construtivos e sistemas solares passivos. É importante realçar que o valor médio das necessidades de energia primária ( $103 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\text{.ano}$ ) é claramente inferior ao valor que está a ser exigido na definição NZEB da Áustria ( $160 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\text{.ano}$  [41]) e muito próximo do valor exigido no Chipre ( $100 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\text{.ano}$  [41]), o que indica que o valor numérico de energia primária na definição portuguesa de NZEB se situará no intervalo de  $50\text{-}100 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\text{.ano}$ .

Segundo Frago, R. no relatório *Concerted Action Energy Performance of Buildings; Implementing of EPBD in Portugal – Status in December 2014*, a definição NZEB adotada estabelece uma relação entre as avaliações e estudos de rentabilidade económica, sendo que os NZEB são definidos como edifícios que oferecem cumulativamente:

- Necessidades energéticas compatíveis com o nível superior (mais eficiente) de avaliações da rentabilidade económica;
- Implementação de sistemas de aproveitamento de fontes de energia renovável que cobram uma fração muito significativa das restantes necessidades.

Esta definição ainda necessita de ser complementada com metas numéricas adicionais, por exemplo, com a cota de energias renováveis e valores de  $U$  para a envolvente do edifício ou metas de energia primária. Embora ainda não exista uma definição concreta de NZEB em Portugal, os edifícios com classificação A+ deverão estar muito próximos dessa definição [44].

### 3.4. NÍVEL ÓTIMO DE RENTABILIDADE

O nível ótimo de rentabilidade é definido na alínea 14 do Artigo 2º da EPBD RECAST como “o nível de desempenho energético que leva ao custo mais baixo durante o ciclo de vida económico estimado” [18] a partir de duas perspetivas diferentes: a financeira (analisando o próprio investimento ao nível do edifício – custo global) e macroeconómica (analisando os custos e os benefícios da eficiência energética para a sociedade como um todo) [43].

Com base nos resultados dos custos e os consumos energéticos, é possível determinar a variante/conjunto de medidas que representa o nível ótimo de rentabilidade do desempenho energético para o edifício de referência. Para esta análise recorre-se ao valor de utilização de energia primária e ao custo global associado a cada proposta de melhoria, representando-os em gráficos que descrevem, no eixo das abcissas a utilização de energia primária ( $\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ ) e no eixo das ordenadas os custos globais ( $\text{€/m}^2$ ), conforme se pode observar na Figura 3.8 que mostra as diferentes variantes (1 a 6) e posição do intervalo de rentabilidade ótima [48].

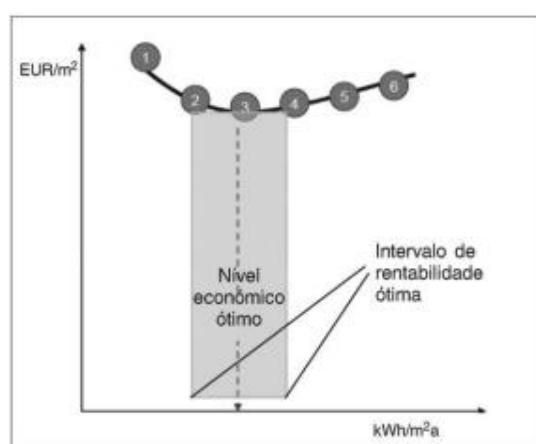


Figura 3.8: diferentes variantes (1 a 6) e posição do intervalo de rentabilidade ótima [48].

A combinação de medidas/variantes com o custo mais baixo (variante 3 na Figura 3.8) indica automaticamente o nível ótimo de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético.

Tendo em vista a concretização do grande potencial de poupança de energia nos edifícios, devem ser implementadas medidas destinadas a melhorar o seu desempenho energético que

tenham em consideração não só as condições climáticas e locais e o ambiente interior, mas também a rentabilidade económica das soluções a implementar. Neste contexto, os requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios e dos elementos construtivos deverão ser estabelecidos tendo em vista alcançar um equilíbrio ótimo em termos de rentabilidade entre os investimentos efetuados e os custos de energia economizados ao longo do ciclo de vida do edifício. [49]

Os requisitos mínimos para o valor de  $U$  apresentados no Quadro 3.4 foram estabelecidos considerando o quadro de metodologia comparativa para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade publicados pela CE. O primeiro relatório aborda os edifícios residenciais para diferentes climas em Portugal, em que o objetivo principal era testar as metodologias para uma variedade de materiais, soluções e sistemas técnicos (por exemplo, espessura do isolamento, tipos de envidraçados, bombas de calor, etc.). Este relatório concluiu que as exigências da legislação portuguesa estão próximas dos níveis ótimos de rentabilidade, tal como apresentado no Quadro 3.9, e que, segundo a ADENE em *Concerted Action Energy Performance of Buildings; Implementing of EPBD in Portugal*, não é necessário alterá-las [44].

**Quadro 3.6: Níveis ótimos de rentabilidade para edifícios residenciais [44].**

*Média Ponderada para os níveis de energia primária*

		Níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético [kwh/m <sup>2</sup> .ano]	Requisitos mínimos de desempenho energético em vigor [kwh/m <sup>2</sup> .ano]	Diferença (%)
<i>Edifícios Residenciais</i>	Novos	33,24	30,59	7,97
	Existentes	52,97	52,94	0,10

Os requisitos mínimos para a obtenção dos níveis ótimos de rentabilidade devem ser cumpridos pelos novos edifícios, mas também pelos edifícios existentes sujeitos a obras de reabilitação, uma vez que a atuação apenas sobre os edifícios novos requereria demasiado tempo para se obterem impactos relevantes, dado o reduzido ritmo de substituição do parque edificado. Será, por isso, necessário avaliar no momento atual quais os conjuntos de medidas que permitem converter os edifícios existentes em edifícios com necessidades quase nulas de energia, identificando as combinações de medidas de eficiência energética e de geração de energia de fontes renováveis que, para além de garantirem os objetivos

energéticos e ambientais estabelecidos, o consigam com o melhor compromisso entre o custo de investimento e o custo para todo o ciclo de vida do edifício. [49]



## CAPÍTULO 4

### CARACTERIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS E SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EFICIENTES



## 4. CARACTERIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS E SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EFICIENTES

Neste capítulo pretende-se identificar e caracterizar tecnologias e soluções construtivas da envolvente dos edifícios (técnicas passivas), mais eficientes, que permitam a redução dos consumos de energia e que garantam, não só a qualidade térmica interior, mas também a salubridade dos espaços interiores ao edifício. As técnicas passivas abordadas incidem, essencialmente, no controlo de fluxos de energia térmica na envolvente do edifício, por forma a reduzir o consumo de energia necessária para aquecimento e arrefecimento, convergindo para NZEB.

### 4.1. ORIENTAÇÃO DOS EDIFÍCIOS

A otimização do desempenho energético dos edifícios poderá ser em grande parte conseguida através de uma correta orientação dos mesmos. Para definir a orientação ideal torna-se necessário conhecer a trajetória do sol ao longo do dia e das estações do ano, consoante a localização geográfica onde o edifício se insere. Para os países Europeus, situados no hemisfério Norte, a orientação em que se obtém maiores ganhos solares é a Sul, como se pode observar na Figura 4.1.

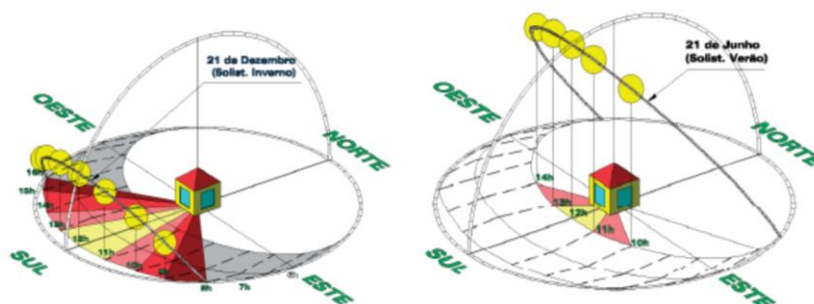


Figura 4.1: Radiação solar diária no inverno (à esquerda) e no verão (à direita). [50]

A orientação representada na Figura 4.1 permite uma otimização dos ganhos durante a estação de aquecimento (Inverno), no entanto, também poderá provocar o sobreaquecimento dos espaços interiores do edifício durante a estação de arrefecimento (Verão) se não forem tomadas medidas para evitar a entrada de energia em excesso. Estas medidas incidem sobretudo num correto sistema de sombreamento dos vãos envidraçados

exteriores, através de proteções solares fixas ou móveis. As proteções solares móveis são menos eficientes em fachadas cuja orientação é Este ou Oeste, uma vez que existe um menor ângulo de incidência da radiação solar no início e no final do dia. Refira-se ainda que fachadas na orientação Norte não recebem radiação solar.

Na definição da correta orientação do edifício também se deverá ter em consideração as condições existentes do local de implantação, como é caso da topografia, edifícios existentes nas imediações e/ou a possibilidade de construção de novos edifícios vizinhos, que poderão constituir obstáculos aos ganhos solares durante a estação de aquecimento. As condições locais também influenciam a ventilação natural dos edifícios, pelo que a orientação dos mesmos também deverá ter em conta as características dos ventos dominantes por forma a otimizar a ventilação natural.

## 4.2. ISOLAMENTOS TÉRMICOS

A eficiência térmica dos sistemas construtivos da envolvente dos edifícios, ou seja, a sua capacidade de reduzir as trocas de energia sob a forma de calor entre o interior e o exterior, será conseguida através da utilização de materiais de baixa densidade, designados por isolantes térmicos. Estes materiais são caracterizados pela sua elevada resistência térmica (ou baixa condutibilidade térmica ( $\lambda$ )), podendo ser de origem sintética, mineral ou vegetal. O Quadro 4.1 apresenta alguns exemplos de isolantes térmicos tradicionais e as suas principais características.

**Quadro 4.1: Propriedades termofísicas de alguns isolantes térmicos tradicionais. [51, 52]**

<i>Tipos de Isolantes Térmicos</i>	<i>Massa Volúmica [kg/m<sup>3</sup>]</i>	<i><math>\lambda</math> [W/(m.°C)]</i>	<i>Observações</i>
<i>Sintéticos</i>			
Poliestireno extrudido (XPS)	25-40	0,037	Comercializado em placas, podendo conter encaixes e estrias. Não é permeável ao vapor de água. Baixa resistência ao fogo.
Poliestireno expandido (EPS)	15-20	0,040	Permeável ao vapor de água, mas impermeável à água. Económico. Baixa resistência ao fogo.
Poliuretano (PUR)	20-50	0,042	Pode ser injetado ou projetado. Cobre com facilidade superfícies

<i>Tipos de Isolantes Térmicos</i>	<i>Massa Volúmica [kg/m³]</i>	<i><math>\lambda</math> [W/(m.ºC)]</i>	<i>Observações</i>	
<i>Vegetais</i>			irregulares. Baixa resistência ao fogo.	
	Aglomerado de cortiça expandida (ICB)	90-140	0,045	Permeável ao vapor de água, mas impermeável à água. Pode ser executado com acabamento à vista. Baixa tolerância à água parada.
	Fibras celulósicas	28-35	0,040	Placas flexíveis. Baixa tolerância à água e permeabilidade.
<i>Minerais</i>	Lã de Vidro	15-100	0,040	Bom desempenho acústico. Elevada resistências ao fogo. Não deve ficar exposto. Baixa tolerância à água parada.
	Lã de rocha	35-100	0,040	

Para além dos isolantes térmicos apresentados no quadro anterior, é possível encontrar no mercado outros tipos de isolantes, tais como: mantas elastoméricas, fibras de coco, lâminas refletoras de poliéster, aglomerado de resíduos de pneus e resina, fibras de cânhamo, aglomerado de fibras têxteis, entre outros.

A escolha/definição do tipo de isolante a usar deve ter em conta as características que o material isolante poderá apresentar, tais como: a forma de aplicação, espessura e densidades, exposição aos agentes atmosféricos, compatibilidade com outros materiais, peso, resistência ao fogo, permeabilidade à água e ao vapor de água, custo [52] e, não menos importante, a análise da sustentabilidade.

Num edifício, o uso de um material de construção considerado sustentável não implica obrigatoriamente que este contribua de forma positiva para a eficiência energética do edifício em causa. Por outro lado, um material que apresente características que contribuam para a redução de perdas de calor pode não ser, necessariamente, um material sustentável, pela energia que poderá estar incorporada no seu processo de fabrico e/ou transporte, manutenção e demolição. Neste contexto da sustentabilidade na construção, interessa não só conhecer o comportamento individual de cada material, mas também do sistema construtivo como um todo. [56]

O isolamento térmico assenta no conceito de condutibilidade térmica, considerando-se as trocas de calor por condução em regime permanente. O regime permanente aplica-se bem aos climas com invernos rigorosos e prolongados da Europa não mediterrânica, em que as

variações diárias de temperaturas exteriores e interiores se podem desprezar porque são muito pequenas em relação às grandes diferenças entre a temperatura interior e a exterior. Em Portugal, no verão, a temperatura oscila diariamente à volta de um valor médio que está geralmente dentro da “zona de conforto”. A estas condições de cariz mediterrâneo adequa-se melhor o regime variável, ganhando importância não tanto o isolamento térmico, mas a inércia térmica. [53]

#### 4.3. INÉRCIA TÉRMICA

A inércia térmica pode ser definida, de uma maneira simples, como a capacidade de um material em armazenar calor e de o restituir ao longo de um determinado período de tempo, permitindo garantir o conforto no verão (evitando o fenómeno de sobreaquecimento) e mantendo o aquecimento no interior durante o inverno [54], ou seja, a inércia térmica traduz-se no amortecimento da oscilação da temperatura exterior que se propaga até ao interior com um certo atraso. O amortecimento e atraso térmico variam com a espessura da parede e a condutibilidade térmica dos materiais constituintes, mas também com a sua capacidade calorífica. A capacidade calorífica aumenta com o calor específico e a massa volúmica. [53]

A inércia térmica de um edifício está diretamente relacionada com a massa e com a capacidade térmica das suas soluções construtivas. Em termos genéricos, a inércia de uma solução construtiva aumenta com a massa dos materiais que a compõem e com a facilidade com que estes trocam calor com o ar interior. Deste modo, a inércia de um elemento construtivo é “anulada” pela aplicação de isolamento térmico pelo lado em contacto com o interior e é “maximizada” se o isolamento térmico for aplicado pelo exterior. A aplicação de isolamento térmico no interior de uma solução construtiva da envolvente “anula” a contribuição da massa dos materiais localizados para o exterior deste. [55]

A regulamentação do comportamento térmico dos edifícios que se encontra atualmente em vigor no nosso país classifica a inércia em três classes diferentes, consoante a massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento,  $I_t$  (kg/m<sup>2</sup>), calculando-se através da expressão 4.1. Valores de  $I_t$  inferiores a 150 kg/m<sup>2</sup> a classe de inércia é fraca, valores de  $I_t$  compreendidos entre 150 e 400 kg/m<sup>2</sup> a classe de inércia térmica é média e para valores acima dos 400 kg/m<sup>2</sup> a classe de inércia térmica é forte.

$$I_t = \frac{\sum_i M_{s_i} \cdot r \cdot s_i}{A_p} \quad (4.1)$$

em que:

$M_{s_i}$  – Massa superficial útil do elemento  $i$ , (kg/m<sup>2</sup>);

$r$  – Fator de correção da massa superficial útil;

$s_i$  – Área da superfície interior do elemento  $i$ , (m<sup>2</sup>);

$A_p$  – Área interior útil de pavimento, (m<sup>2</sup>).

O isolamento e a inércia térmica não devem ser confundidos, mas sim integrados, quer nos novos edifícios quer na reabilitação dos edifícios existentes, em função não só das variações climáticas exteriores, mas também do regime de utilização dos edifícios e dos sistemas energéticos complementares. As massas térmicas são úteis, também no inverno, aconchegadas pelo isolamento térmico, mas em complemento das aberturas solares (janelas) [53].

#### 4.4. ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS

A envolvente dos edifícios, ou envelope segundo alguns autores, é a barreira que separa os ambientes exterior e interior, podendo ser decomposta em dois elementos fundamentais:

- Elementos verticais: zona opaca e envidraçados;
- Elementos horizontais: pavimentos e coberturas.

A envolvente exterior do edifício é a zona mais exposta às ações dos agentes externos, sendo que esta deverá garantir estabilidade e durabilidade, uma barreira de proteção face ao vento, à chuva, ao ruído, ao fogo, à radiação solar, às variações térmicas exteriores, etc... Neste documento, apenas será avaliada a qualidade térmica da envolvente dos edifícios.

No contexto da análise térmica dos edifícios importa distinguir quatro tipo de envolventes:

- Envolvente exterior;
- Envolvente interior com requisitos de exterior – envolvente em contacto com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas ( $b_{tr}$ ) superior a 0,7;

- Envolvente interior com requisitos de interior – envolvente em contacto com espaços não úteis com  $b_{tr}$  igual ou inferior a 0,7;
- Envolvente interior sem requisitos térmicos.

Os pontos seguintes caracterizam os principais elementos que constituem a envolvente dos edifícios: paredes, coberturas, pavimentos e vãos envidraçados.

#### 4.4.1. Paredes

Num edifício podem existir vários tipos de paredes, tanto interiores como exteriores. As paredes exteriores têm como principal prioridade garantir a proteção de um edifício face a diversos fatores externos, nomeadamente às variações térmicas do ambiente exterior, constituindo uma das maiores superfícies da envolvente dos edifícios, pelas quais se dão transferências de calor entre o ambiente interior e exterior, sendo fundamental controlar estes fluxos com vista ao bom conforto térmico no interior.

A maioria dos edifícios em Portugal não possui isolamento térmico nas paredes, nomeadamente os edifícios construídos antes de 1990, correspondendo a cerca de 69% do edificado [57]. A Figura 4.2 apresenta os tipos de paredes construídas em Portugal e a respetiva percentagem de edifícios por tipo de parede.

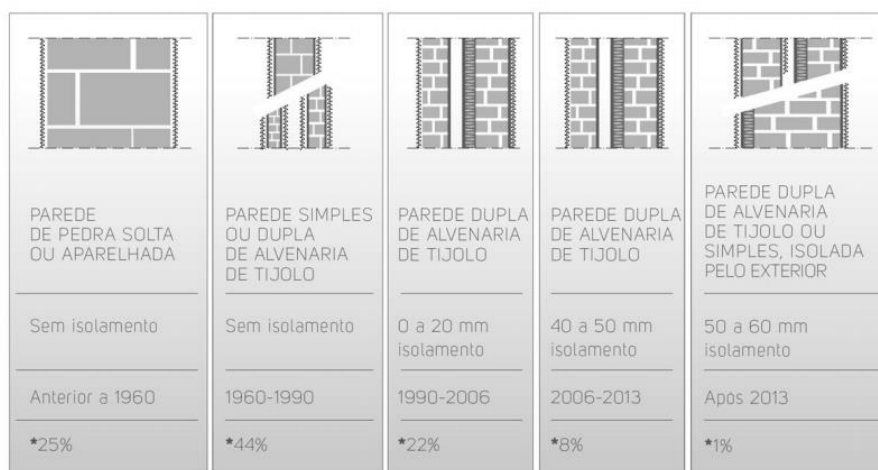


Figura 4.2: Tipos de paredes construídas em Portugal e a percentagem de edifícios por tipo de parede [57].

Atualmente, os requisitos térmicos exigidos para as paredes implicam a colocação de isolamento térmico nas mesmas. Estes requisitos variam consoante a zona climática<sup>14</sup> de

<sup>14</sup> Segundo a legislação em vigor, Portugal está subdividido em 3 zonas climáticas de inverno (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> e I<sub>3</sub>) e de verão (V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> e V<sub>3</sub>), sendo que as zonas com número mais elevado correspondem a climas de inverno e verão mais agressivos.



inverno. Para a zona climática I<sub>1</sub> o valor máximo de  $U$  é de 0,5 W/(m<sup>2</sup>.°C), zona I<sub>2</sub> de 0,4 W/(m<sup>2</sup>.°C) e para zona I<sub>3</sub> o valor de  $U$  é de 0,35 W/(m<sup>2</sup>.°C).

A partir da década de 90, a tecnologia construtiva mais usual no nosso país consistiu na execução de dois panos de alvenaria de tijolo com isolamento térmico no espaço de ar. Mais recentemente surgiram soluções construtivas mais eficientes com reforço de isolamento térmico pelo exterior, destacando-se os sistemas ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*), as fachadas ventiladas e as soluções com reforço de isolamento térmico pelo interior através da colocação de isolamento na face interior dos panos de parede e revestimento interior leve, por exemplo, em placas de gesso cartonado, ou as fachadas verdes. No contexto deste documento, serão abordados os sistemas de ETICS, fachadas ventiladas e fachadas verdes.

#### 4.4.1.1. Sistema ETICS

Na solução mais corrente, o sistema ETICS é constituído por placas de isolamento térmico, podendo ser do tipo poliestireno expandido extrudido (XPS), poliestireno expandido moldado (EPS), aglomerado de cortiça expandida (ICB) ou lã mineral, que são coladas ao suporte e revestidas com um reboco delgado aplicado em várias camadas, armado com rede de fibra de vidro, sendo o acabamento final realizado com um revestimento plástico espesso. No esquema da Figura 4.3 podem distinguir-se as diferentes camadas que compõem este sistema.

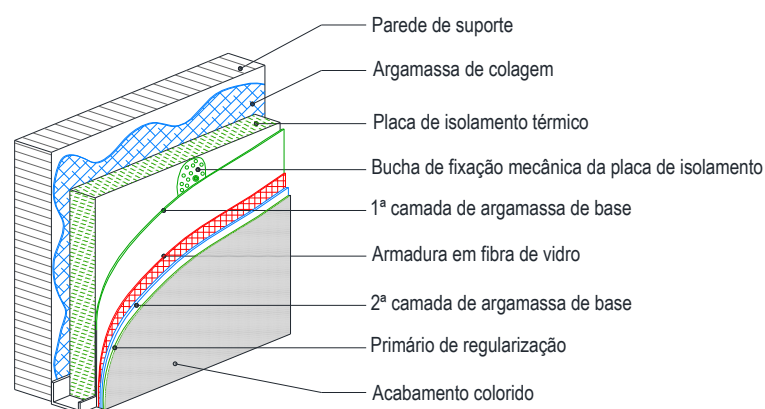


Figura 4.3: Pormenor construtivo do sistema ETICS (adaptado de [57]).

As soluções construtivas em sistema ETICS apresentam inúmeras vantagens, das quais se destacam [59]:

- Aplicação contínua com redução ou eliminação de pontes térmicas;

- Diminuição do risco de condensações no interior das paredes envolventes ou à sua superfície, uma vez que a temperatura da superfície interior das paredes é mais elevada, mesmo nas que estão em contacto com vigas ou pilares, afastando-se da temperatura de orvalho;
- Diminuição do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes. O choque térmico, bem como as temperaturas mais severas ocorrem no isolante, estando a temperatura da parede sempre próxima da temperatura interior;
- Potencia a inércia térmica interior;
- Possibilita a dispensa de paredes duplas e consequente diminuição da espessura das paredes exteriores;
- Aplicação em construção nova ou reabilitação;
- Não reduz a área interior (vantagem importante no caso de intervenções de reabilitação).

No que respeita a desvantagens, é importante referir que o sistema ETICS não é passível a ser implementado na reabilitação de edifícios de valor patrimonial, pois descaracterizam as fachadas. Necessita de mão-de-obra especializada de modo a garantir a correta execução do sistema. A utilização de cores escuras no acabamento final poderá provocar um grande *stress* térmico nas várias camadas do sistema, provocando a fissuração devido ao aumento da absorção solar e à forte incidência da radiação solar, sobretudo nas fachadas Este e Oeste durante o verão. (adaptado de [58])

Refira-se também que a eficiência do sistema em termos de redução das trocas térmicas entre o interior e o exterior está muito dependente do tipo e espessura do material isolante usado. Esta eficiência poderá ser potenciada, no caso de construção nova, através da execução de alvenarias de suporte do sistema com elevada resistência térmica.

---

#### 4.4.1.2. *Fachadas Ventiladas*

O sistema de fachada ventilada é uma solução que tem tido uma importância crescente na arquitetura contemporânea, quer pelas características técnicas quer pela sua estética. Este sistema de construção consiste num revestimento descontínuo exterior fixado mecanicamente a uma estrutura independente (pontual ou linear) de suporte, um isolante térmico aplicado (por colagem e/ou por fixação mecânica) sobre o suporte de alvenaria e

um espaço de ar ventilado entre ambos [60]. Os revestimentos exteriores podem ser em resina fenólica, madeira, betão GRC, compósito de alumínio, cerâmica, pedra ou vidro.

A Figura 4.4 apresenta um pormenor construtivo de uma fachada ventilada.

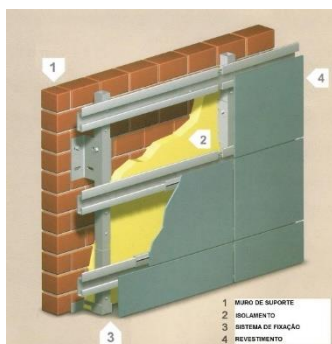


Figura 4.4: Pormenor construtivo de uma fachada ventilada [61].



Figura 4.5: Esquema do fluxo de ar numa fachada ventilada [63].

O adjetivo “ventilada” deriva, da câmara-de-ar que permite a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé onde o ar entra frio pela parte inferior e sai quente pela parte superior (ver Figura 4.5). Deste modo, com o fluxo de ar da parede, evitam-se humidades e condensações características das fachadas tradicionais e consequentemente consegue-se um maior conforto térmico [62].

O isolamento contínuo pelo exterior limita as transferências de calor na parede e minimiza as pontes térmicas. Este isolamento deverá ser permeável ao vapor de água de modo a beneficiar da vantagem que este sistema oferece através da ventilação que canaliza o vapor de água para o exterior, evitando a ocorrência de condensações interiores.

#### 4.4.1.3. Fachadas Verdes

As fachadas verdes surgem como uma solução para a prevenção dos ganhos solares durante a estação de arrefecimento, devido à folhagem que reflete a radiação solar e também devido ao efeito da evapotranspiração das plantas que diminui a temperatura do ar, resultando num menor gradiente térmico entre o interior e exterior, e consequentemente um menor fluxo de calor pela parede. Segundo o estudo *Final Report to Green Roofs for Healthy Cities – Green Walls Group; Vegetated Walls: Thermal and Growth Properties of Structured Green Facades* elaborado por D. Tilley, *et al* em 2012, o maior arrefecimento associado a uma fachada verde é sentido precisamente nos meses mais quentes, entre as 15h e as 21h, quando a radiação incide sobre a fachada Oeste, resultando numa diminuição média da temperatura

interior em 4°C. Este estudo conclui também que a temperatura exterior da parede diminui em média 12°C [64].

A Figura 4.6 ilustra o museu de Quai Branly da autoria de Patrick Blanc. A fachada deste museu possui aproximadamente 800 m<sup>2</sup> de jardins verticais, contendo mais de 15000 espécies de plantas [65].



**Figura 4.6: Museu do Quai Branly em Paris, França [65].**

Existem três principais tipos de sistemas de fachadas verdes [66]:

- Sistemas de suporte: que permitem às plantas treparem no edifício através de suportes que poderão ser em telas metálicas ou cabos;
- Sistema modular: que consiste na pré-fabricação de módulos que já contêm as plantas. Estes módulos são facilmente montados em estruturas metálicas fixas à parede;
- Sistema de plantação: que consistem na montagem de caixas de plantação sobre uma estrutura fixa à parede, em intervalos regulares em que as plantas são posteriormente plantadas.

A Figura 4.7 representa uma fachada verde com recurso a um sistema de trepadeira e a Figura 4.8 representa uma fachada verde com recurso a um sistema modular.



**Figura 4.7: Fachada verde: sistema tipo trepadeira [67].**

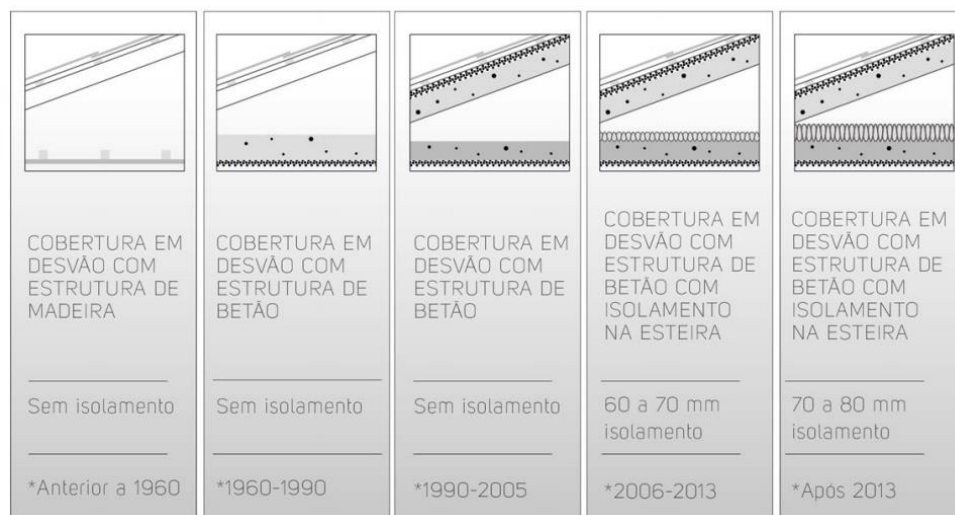


**Figura 4.8: Fachada verde: sistema do tipo modular [68].**

#### 4.4.2. Coberturas

As coberturas são o elemento construtivo com maior exposição à radiação solar, apresentando um papel de extrema importância no que diz respeito ao desempenho energético de um edifício. Para melhorar/otimizar este desempenho é necessário proceder a um controlo rigoroso dos fluxos de calor ascendentes (perdas de calor) e descendentes (ganhos de calor). A existência de isolamento nas coberturas permite limitar estes fluxos de calor, contribuindo para um melhor conforto térmico no inverno reduzindo as perdas de calor (as coberturas representam cerca de 30% das perdas de calor num edifício [69]). No entanto, o excesso de isolamento térmico nas coberturas, associado a uma ventilação deficiente e à falta de isolamento nos elementos verticais da envolvente (paredes) poderá conduzir a um sobreaquecimento dos espaços do edifício durante o verão, uma vez que o calor que entra pela envolvente vertical tem tendência a subir (ar quente mais leve) ficando retido junto aos elementos horizontais (coberturas). Por este motivo, torna-se necessário conjugar o estudo térmico de todos os elementos da envolvente como um todo e não esquecendo a importância da ventilação no edifício [70].

Em Portugal, a grande maioria dos edifícios construídos antes de 2005 não possui isolamento térmico na cobertura, conforme representação da Figura 4.9 [69].



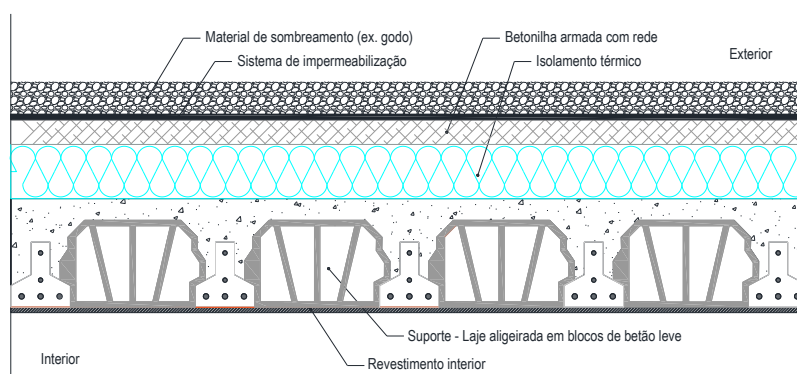
**Figura 4.9: Tipos de coberturas existentes nos edifícios em Portugal [69].**

Segundo a ADENE, cerca de 97% das coberturas em Portugal são inclinadas e os restantes 3% são coberturas planas [69].

Dependendo da localização do isolamento térmico, as coberturas planas podem ser distinguidas em dois tipos: Cobertura plana tradicional e Cobertura plana do tipo invertida.

- Cobertura plana tradicional:

Neste tipo de cobertura plana o sistema de impermeabilização fica sempre sobre o isolamento térmico [71]. A Figura 4.10 apresenta um pormenor construtivo tipo de uma cobertura plana tradicional.



**Figura 4.10: Pormenor construtivo tipo de uma cobertura plana tradicional (adaptado de [71]).**

Este tipo de coberturas comporta uma série de efeitos que aceleram o desgaste do sistema de impermeabilização, uma vez que este ao ser aplicado sobre o isolamento térmico fica submetido a choques térmicos (diário e sazonal), danos mecânicos (essencialmente durante a fase construtiva), degradação por ultravioleta (fenómeno minimizado com a colocação de material de sombreamento sobre o sistema de impermeabilização), etc.

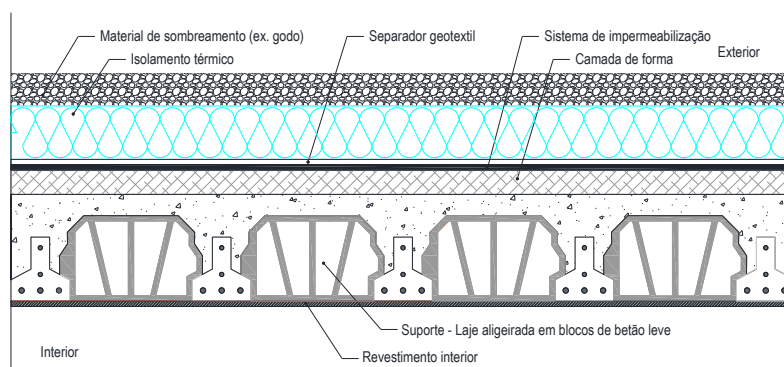
- Cobertura plana do tipo invertida:

Na cobertura plana invertida, como o seu nome indica, inverte-se as posições convencionais dos sistemas de impermeabilização e isolamento térmico. Estando o isolamento térmico sobre a impermeabilização a durabilidade deste sistema aumenta consideravelmente, ao serem suprimidos os efeitos prejudiciais acima mencionados.

Poder-se-ia pensar que a cobertura invertida seria o sistema ideal, no entanto, durante o inverno, a água da chuva só é completamente evacuada quando chega à camada do sistema de impermeabilização (abaixo do isolamento térmico) podendo existir, neste caso, uma considerável perda de calor devido à elevada condutibilidade térmica da água [71].

A Figura 4.11 apresenta um pormenor construtivo tipo de uma cobertura plana do tipo invertida.





**Figura 4.11: Pormenor construtivo tipo de uma cobertura plana invertida (adaptado de [71]).**

Nas coberturas planas, o material de sombreamento poderá ser do tipo terra vegetal com material vegetal à superfície. Estas coberturas são designadas por coberturas verdes ou ajardinadas. O sombreamento, a refletividade e evapotranspiração proporcionada pela vegetação, assim como a resistência do solo, influenciam o fluxo de calor na cobertura, resultando numa redução dos ganhos e perdas de calor durante o verão e inverno respetivamente. De acordo com o estudo realizado por Issa Jaffal, Salah-Eddine Ouldboukhitine e Rafik Belarbi, em 2011, conclui-se que a cobertura verde providencia um efeito de arrefecimento passivo durante o verão, absorvendo calor do interior do edifício. A maior longevidade das membranas de impermeabilização é também assegurada neste tipo de coberturas, devido à menor amplitude de temperaturas que se verifica no exterior da laje, resultando numa limitação do *stress* térmico nas membranas da cobertura, e aumentando assim a longevidade destas [72]. A Figura 4.12 apresenta um pormenor construtivo tipo de uma cobertura verde.



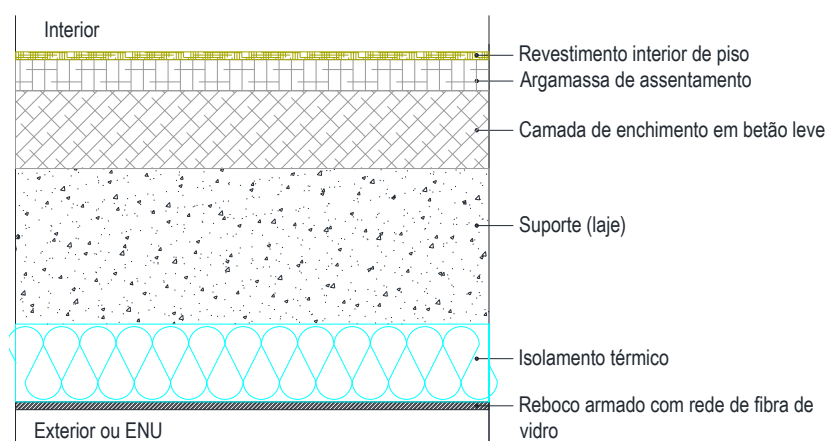
**Figura 4.12: Pormenor construtivo tipo de uma cobertura verde [73].**

À semelhança das paredes, o nível de isolamento adequado para as coberturas exteriores, para que se possa convergir para NZEB, irá depender da zona climática onde o edifício se localiza. Atualmente, os valores máximos de  $U$  que são exigidos para soluções de

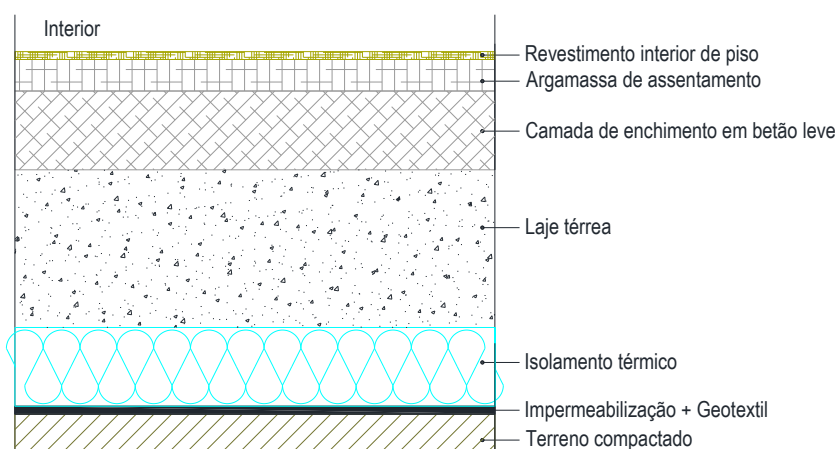
coberturas da envolvente exterior são de  $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  para zonas climáticas  $I_1$ ,  $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  para zonas  $I_2$  e  $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  para zonas  $I_3$ .

#### 4.4.3. Pavimentos

Os pavimentos em contacto com o exterior ou com espaços interiores não úteis (ENU) constituem superfícies da envolvente sujeitas a fluxos de energia correspondentes a perdas de calor no edifício. Tal como acontece nos restantes elementos opacos da envolvente (paredes e coberturas), os pavimentos devem ser isolados termicamente de modo a minimizar os fluxos de calor. O isolamento térmico deverá ser posicionado de modo a maximizar a inércia térmica interior, devendo optar-se, sempre que possível, por soluções de isolamento térmico sob o suporte (laje), conforme pormenores apresentados nas Figuras 4.12 e 4.13.



**Figura 4.13: Pormenor construtivo tipo de um pavimento exterior ou em contacto com ENU.**



**Figura 4.14: Pormenor construtivo tipo de um pavimento térreo.**



Os pavimentos exteriores e em contacto com ENU com  $b_{tr}$  superiores a 0,7, por se tratar de elementos horizontais da envolvente, apresentam as mesmas exigências regulamentares das coberturas.

#### 4.4.4. Vãos Envidraçados

Os vãos envidraçados são as superfícies da envolvente que apresentam elevada condutibilidade, conduzindo a grandes perdas de calor no inverno e a excessivos ganhos de calor no verão. Os vãos envidraçados são constituídos por vidro e caixilharia. As caixilharias podem ser de vários tipos de materiais sendo que os mais usuais são as caixilharias em madeira, material plástico PVC e alumínio.

O fluxo de calor que se verifica num vão envidraçado acontece de três formas distintas: condução, convecção e radiação. As propriedades dos vãos envidraçados, que devem ser analisadas em termos de eficiência energética, são a emissividade e fator solar dos vidros e o coeficiente de transmissão térmica do conjunto caixilho e vidro.

A emissividade é uma característica da superfície dos corpos. Quanto mais reduzida for a emissividade mais reduzida é a transferência de calor por radiação. A emissividade normal ( $\epsilon_n$ ) de um vidro é de 0,89. Determinados vidros podem ser recobertos por uma camada designada de baixa emissividade que pode ser inferior a 0,10 [74].

O fator solar ( $g$ ) de um vidro é a razão entre a energia total que entra num local através desse vidro e a energia solar incidente. Esta energia total é a soma da energia solar que entra por transmissão direta e da energia transmitida para o ambiente interior pelo vidro após o aquecimento por absorção energética [74]. A Figura 4.15 representa um esquema da decomposição da radiação solar quando esta incide numa superfície envidraçada.

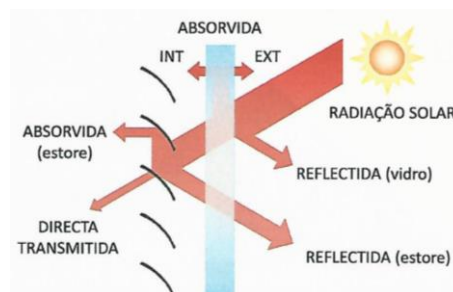


Figura 4.15: Representação esquemática do fator solar dos vidros [20].

Os vãos envidraçados são responsáveis pelo fenómeno de efeito estufa no interior dos edifícios, uma vez que a energia solar que entra num local através de um vidro é absorvida

pelos objetos e elementos opacos interiores, que aquecendo refletem uma radiação térmica situada principalmente no campo do infravermelho, no comprimento de onda superior a 5  $\mu\text{m}$ . A energia solar que entra pelos vãos envidraçados encontra-se deste modo concentrada num local com tendência a aquecer [74]. Este fenómeno é benéfico durante o inverno porque permite ganhos solares importantes, mas é altamente prejudicial durante o verão, devendo ser tomadas medidas de modo a minimizar este fenómeno durante esta estação. De modo a evitar o sobreaquecimento dos espaços no verão devem ser tomadas as seguintes medidas:

- Garantir uma correta ventilação do ar interior (ventilar os espaços durante os períodos de menores temperaturas exteriores, ou seja, durante a noite);
- Instalar dispositivos de proteção solar, sempre que possível pelo exterior;
- Recorrer a vidros de transmissão energética limitada, designados por “vidros de controlo solar” que deixam passar somente uma determinada fração de radiação energética solar que permite iluminar sem aquecer [74].

Atualmente, é comum recorrer-se a meios de sombreamento fixos, aplicando palas horizontais e verticais em torno dos envidraçados ou recorrendo à própria geometria do edifício.

De modo a prevenir os fenómenos de sobreaquecimento dos espaços, a regulamentação atualmente em vigor impõe requisitos mínimos para o fator solar dos vãos envidraçados dos edifícios novos. Estes requisitos dependem da inércia térmica do edifício e da zona climática de verão onde o edifício se localiza. O fator solar dos vãos envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem, quando os sistemas de sombreamento móveis estão 100% ativos, não podem ultrapassar os máximos admissíveis indicados no Quadro 4.2.

**Quadro 4.2: Fatores solares máximos admissíveis [28].**

Classe de Inércia Térmica / Fator solar máximo ( $g_{T\text{máx}}$ )	Zona Climática		
	V1	V2	V3
<i>Fraca</i>	0,15	0,10	0,10
<i>Média</i>	0,56	0,56	0,50
<i>Forte</i>	0,56	0,56	0,50

Para além das exigências do quadro anterior, os envidraçados cujo somatório das suas áreas  $A_{env}$  seja superior a 5% da área de pavimento  $A_{pav}$  do compartimento servido por estes, desde que não orientados no quadrante Norte inclusive, devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados ( $g_T$ ), que obedeça às seguintes condições:

a) Se  $A_{env} \leq 15\% A_{pav}$

$$g_T \cdot F_0 \cdot F_f \leq g_{T_{m\acute{a}x}} \quad (4.2)$$

b) Se  $A_{env} > 15\% A_{pav}$

$$g_T \cdot F_0 \cdot F_f \leq g_{T_{m\acute{a}x}} \cdot \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)} \quad (4.3)$$

Em que  $g_T$  corresponde ao fator solar do vão envidraçado com os dispositivos móveis de proteção 100% ativos,  $F_0$  corresponde ao fator de sombreamento de elementos de obstrução solar horizontais e  $F_f$  é valor correspondente ao fator de sombreamento de elementos de obstrução solar verticais.

O valor do coeficiente de transmissão térmica global de um vão envidraçado ( $U_W$ ) depende das propriedades térmicas do vidro e do caixilho, das ligações entre o vidro e o caixilho e da geometria e tipologia do vão, podendo ser determinado com recurso à expressão 4.2 [20].

$$U_W = \frac{A_f U_f + A_g U_g + L_g \psi}{A_f + A_g} \quad (4.4)$$

Em que  $U_f$  e  $U_g$  correspondem ao coeficiente de transmissão térmica do caixilho e vidro,  $A_f$  e  $A_g$  são as áreas visíveis de caixilho e vidro,  $L_g$  corresponde ao perímetro visível de vidro e  $\psi$  é o coeficiente de transmissão térmica linear da ligação caixilho vidro, expresso em W(m.°C).

Até dezembro de 2015 não existiam requisitos mínimos para o valor de  $U$  dos vãos envidraçados. A Portaria 379-A/2015 de 22 de outubro veio impor limites bastante exigentes ao valor de  $U$  que variam consoante a zona climática de inverno ( $I_1 - 2,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $I_2 - 2,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $I_3 - 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ).

Os valores de  $U_w$  de uma janela corrente com vidro duplo apresentam valores próximos  $3\text{W}(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ , sendo que as janelas correntes com vidro simples este valor pode atingir os  $6,5\text{W}(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$  (exemplo de uma caixilharia sem corte térmico, caixilho de correr com vidro simples) [51], estes valores são claramente inferiores aos valores máximos admissíveis. É importante salientar que cerca de 75% dos edifícios em Portugal possuem janelas com vidro simples (de baixa eficiência energética) e apenas 7% possuem janelas eficientes com vidro duplo e perfis isolantes (caixilhos em PVC ou metálicos com rotura térmica) [75]. Este indicador permite concluir que existe uma enorme oportunidade de melhoria energética dos edifícios existentes através da substituição das janelas atuais por janelas mais eficientes, existindo incentivos financeiros para a substituição de janelas como é o caso do Aviso 20 (caracterizado no ponto 2.4.2. do presente documento).

Em Portugal, já se encontra disponível um sistema de etiquetagem de janelas, que permite facilmente identificar as principais características térmicas das janelas. O Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos (SEEP) é um sistema de marcação ou etiquetagem voluntário que permite ao consumidor comparar o desempenho energético de produtos pela sua classificação [75]. A Figura 4.16 mostra uma etiqueta energética de uma janela.

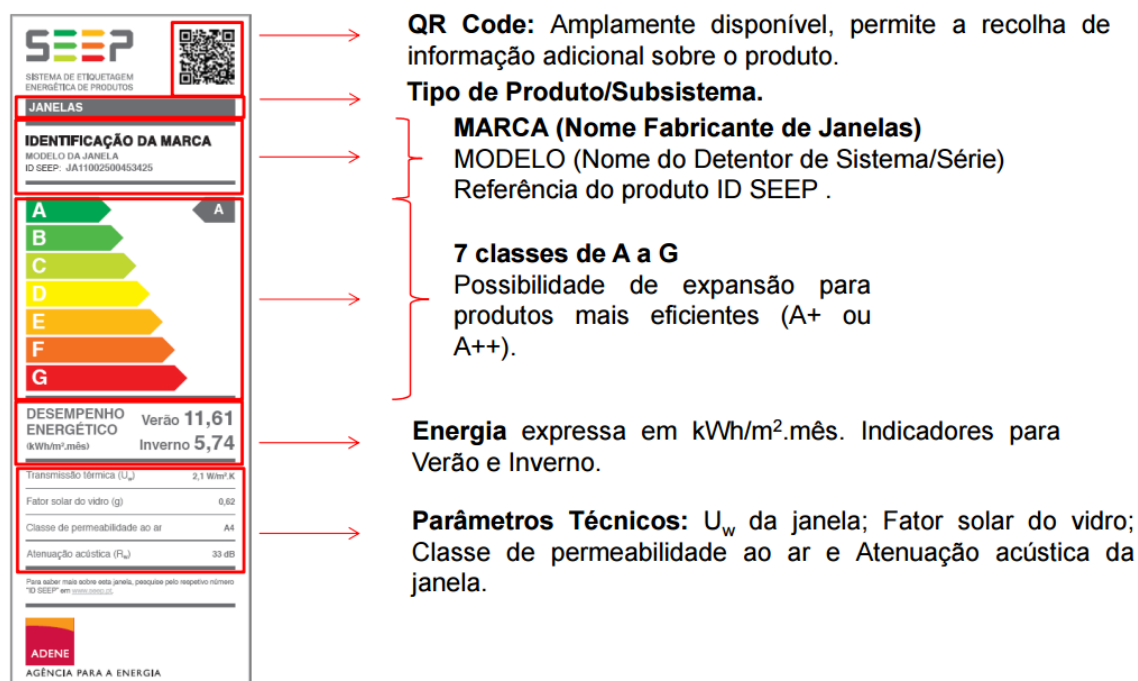


Figura 4.16: Caracterização da Etiqueta Energética de Janelas [76].

A etiquetagem energética de janelas é importante porque [76]:

- As janelas têm um impacto relevante no consumo de energia nos edifícios;

- Permite a caracterização do desempenho energético e da comparação entre produtos;
- Facilita a comunicação entre o consumidor e o fabricante ou instalador;
- Potencia a concorrência e inovação na conceção de novos produtos;
- Instrumento para a regulamentação e implementação de políticas de incentivo;

A instalação de janelas eficientes permite melhorar o conforto térmico e acústico no interior dos edifícios, diminuir as infiltrações de ar e água, diminuindo o risco de patologias, e permite poupar energia reduzindo a fatura energética.

#### 4.5. SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

A ventilação de um edifício consiste na renovação do ar interior por ar exterior de uma forma controlada. A correta ventilação de um edifício é absolutamente essencial para que se possa garantir uma boa qualidade do ar interior e prevenir a ocorrência de patologias nos elementos construtivos. A incorreta ventilação dos edifícios tem as seguintes consequências [77]:

- Ao isolar os edifícios por vezes a ventilação não é acautelada, impedindo a renovação do ar interior e promovendo o aparecimento de humidades e bolores prejudiciais;
- Uma ventilação deficiente não acautela a remoção dos poluentes no interior dos edifícios;
- Os efeitos da má qualidade do ar derivada de uma fraca ventilação dependem da natureza do poluente, dose inalada, idade dos ocupantes estado de saúde, vulnerabilidade da pessoa entre outros. Mesmo a curto prazo, os efeitos podem ser sérios: náuseas, tosse, doenças respiratórias, crises de asma, e, em casos extremos, asfixia e morte (intoxicação por monóxido de carbono);
- Uma fraca ventilação pode também originar patologias nos elementos construtivos do edifício, comprometendo a vida útil deste;
- A ventilação desadequada dos espaços pode ser responsável por 50% das perdas térmicas numa habitação.

A regulamentação atualmente em vigor exige uma taxa de renovação de ar por hora no interior dos edifícios não inferior a 0,40 Rph.

Na conceção ou reabilitação de um edifício pode-se optar por três sistemas de ventilação: natural, mecânica e mista.

#### 4.5.1. Sistema Ventilação Natural

A ventilação natural consiste na admissão e extração de ar por meio de aberturas existentes na envolvente dos edifícios (janelas, grelhas de arejamento, chaminé) e sob pressão das forças naturais do vento e das pressões derivadas das diferenças de temperatura (efeito chaminé).

A ventilação natural faz uso da ação do vento e das diferenças de temperatura ou de humidade interior e exterior do edifício, por forma a criar um fluxo de ar, conforme representação da Figura 4.17.

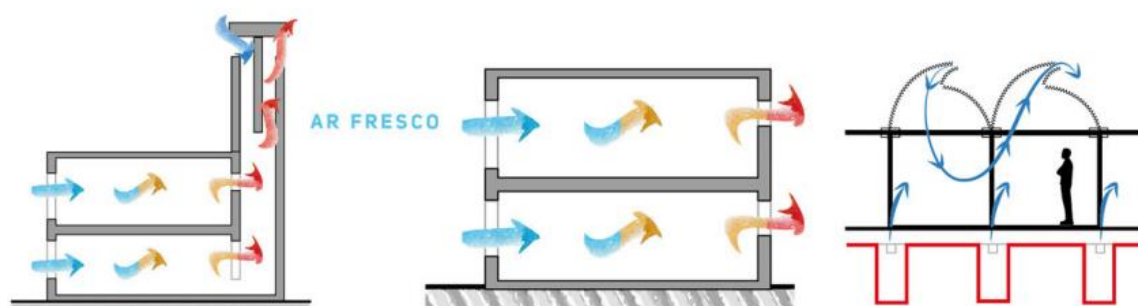


Figura 4.17: Representação esquemática de um sistema de ventilação natural. [77]

A renovação do ar no interior de um edifício e o seu arrefecimento natural poderá levar a poupanças significativas de energia.

Para que exista uma boa ventilação natural é necessária uma boa conceção do edifício, tendo em conta a direção dos ventos dominantes para um correto posicionamento e dimensionamento das aberturas. A ventilação pela ação do vento ocorre devido a uma pressão positiva sobre o lado barlavento e uma pressão negativa sobre o lado do sotavento provocando assim a entrada de ar fresco pelo lado barlavento e saída de ar quente pelo lado sotavento por forma a equilibrar as pressões.

Sempre que seja viável deverá optar-se por sistemas de ventilação natural, de modo a poupar energia elétrica necessária ao funcionamento dos extratores da ventilação mecânica.

#### 5.4.2. Sistemas de Ventilação Mecânica

A ventilação mecânica consiste na admissão e extração de ar com recurso a dispositivos mecânicos (ventiladores, extratores, exaustores, entre outros), que asseguram a movimentação de ar no interior dos edifícios. A Figura 4.18 apresenta uma representação esquemática de um sistema de ventilação mecânica num edifício.



**Figura 4.18:** Representação esquemática de um sistema de ventilação mecânica [77].

A ventilação mecânica é uma forma de ventilar os espaços que permite impor caudais de ar constantes, independentemente das ações exteriores e dos utilizadores, podendo ter insuflação e/ou extração de ar e também recuperação de calor.

As condutas utilizadas na ventilação mecânica possuem normalmente dimensões inferiores às utilizadas na ventilação natural.

Este sistema de ventilação assegura o caudal necessário a insuflar nos espaços com uma adequada temperatura interior e permite o controlo da humidade evitando patologias nos edifícios. Para melhorar a eficiência em zonas mais frias, podem ser adotados sistemas de duplo-fluxo, com recuperação de calor, que permitem pré-aquecer o ar novo por cruzamento com o ar extraído.

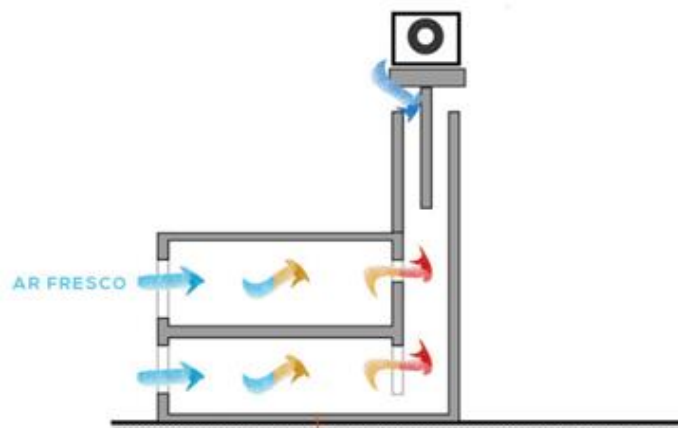
Os sistemas coletivos instalados em edifícios multifamiliares, devem funcionar 24h/dia. As condutas e os ventiladores devem ser escolhidos de forma a garantir um consumo inferior a  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ , aproximadamente  $50 \text{ kWh}/\text{mês}$ , o que representa cerca de  $10\text{€}/\text{mês}$  numa habitação de  $100 \text{ m}^2$  [77].

As principais desvantagens da adoção de sistemas de ventilação mecânica é o elevado custo inicial e os consumos elétricos dos ventiladores.

---

#### 4.5.3. Sistema de Ventilação Mista

A ventilação mista é uma conjugação dos sistemas de ventilação natural e mecânica. A Figura 4.19 apresenta uma representação esquemática de um sistema de ventilação mista.



**Figura 4.19:** Representação esquemática de um sistema de ventilação mecânica. [77]

A adoção de um sistema de ventilação misto é uma boa solução quando o sistema de ventilação natural é insuficiente.



# CAPÍTULO 5

## **SISTEMAS PARA APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS**



## 5. SISTEMAS PARA APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

Neste capítulo pretende-se identificar e caracterizar os possíveis sistemas técnicos de aproveitamento de fontes de energia renováveis, dando foco aos sistemas de aproveitamento de energia solar, eólica e biomassa.

### 5.1. ENERGIA SOLAR

A energia solar, a radiação da luz, e o calor do Sol têm vindo a ser usados pela população desde a antiguidade, usando uma panóplia de instrumentos e invenções que foram evoluindo ao longo do tempo.

O termo energia solar designa todo o tipo de captação de energia luminosa com origem no Sol. Esta energia, sendo de origem renovável, tem como origem os ciclos naturais de conversão da energia emitida pelo Sol, fonte primária de grande parte de toda a energia disponível no planeta. Por este motivo, as tecnologias para aproveitamento de energia do Sol apresentam grande potencial pelo facto de este constituir a maior fonte de energia no nosso planeta e com menor pegada ecológica.

Devido a toda a atenção mediática que a energia solar tem vindo a receber nos últimos anos, muitas pessoas associam o termo “energia solar” aos painéis fotovoltaicos, ainda que este tipo de painéis constitua uma das potenciais formas de aproveitamento e conversão da energia solar em energia elétrica, não constituem a totalidade das opções disponíveis.

Neste capítulo serão abordados dois tipos de sistemas: o solar térmico e o solar fotovoltaico.

#### 5.1.1. Sistemas Solares Térmicos

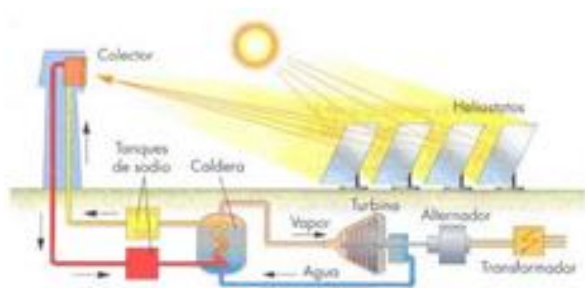
A energia solar térmica consiste na transformação da energia dos raios solares em energia térmica.

Existem várias opções de sistemas solares térmicos que se podem adaptar a pequenos aglomerados urbanos num sistema comum abastecendo vários edifícios, ou seja fonte de energia produzida nas proximidades do edifício. Neste contexto, enquadram-se os sistemas

de centrais solares térmicas, por exemplo as torres solares, o sistema Stirling e as baterias de coletores cilíndricos.

#### 5.1.1.1. Torre Solar

A torre solar consiste num método de captação de energia solar que requer uma área ampla de grandes dimensões onde são instalados helióstatos (espelhos retangulares) orientados para o Sol, refletindo a luz solar para o topo de uma torre que fica no centro do terreno pelo qual se espalham os helióstatos. Nesta torre encontra-se o recetor que irá aquecer o fluido que é usado para aquecer água, fazendo a mesma evaporar. O vapor de água produzido faz movimentar uma turbina que produz eletricidade [78]. As Figuras 5.1 e 5.2 apresentam o sistema de torre solar em centrais solares térmicas.



**Figura 5.1:** Torre solar – central solar de alta temperatura [78].



**Figura 5.2:** Representação de como será a instalação da Ashalim (central solar térmica – torre solar) pronta, no deserto israelense do Neguev [79].

#### 5.1.1.2. Sistema Stirling

O sistema solar térmico Stirling consiste na captura de energia solar com recurso a um satélite que recolhe os raios solares e dirige-os para um recetor que transfere o calor para um fluido localizado no interior de um motor. O aumento de temperatura provoca a expansão do fluido contra uma turbina, e por sua vez, a energia mecânica obtida é usada para mover um gerador, produzindo energia elétrica [78]. As Figuras 5.3 e 5.4 apresentam o funcionamento de um sistema solar térmico Stirling.

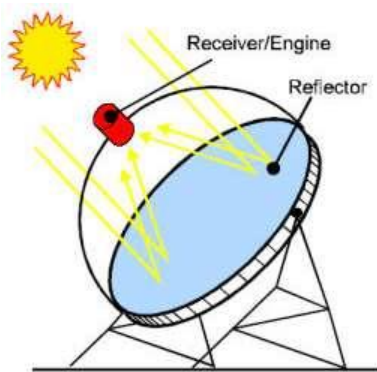


Figura 5.3: Representação esquemática do sistema Stirling [80].

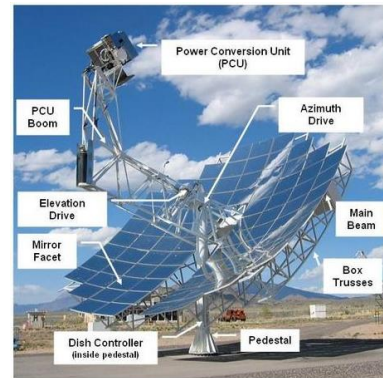


Figura 5.4: Sistema solar térmico Stirling [81].

#### 5.1.1.3. Coletores Solares Cilíndricos

Outro sistema solar térmico passível de ser implementado, é a bateria de coletores solares cilíndricos. Neste sistema os raios solares são refletidos por espelhos retangulares cilíndricos de forma a aquecerem um tubo que passa por vários módulos, sendo este calor utilizado para evaporar o fluido que, por sua vez, faz girar uma turbina ligada a um gerador, produzindo energia elétrica [78]. As Figuras 5.5 e 5.6 ilustram o sistema solar térmico de coletores cilíndricos.

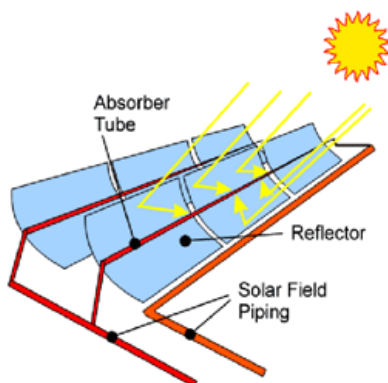


Figura 5.5: Representação esquemática do sistema de coletores solares cilíndricos [82].



Figura 5.6: Sistema solar térmico de coletores solares cilíndricos [83].

A grande desvantagem dos sistemas anteriormente apresentados reside na incapacidade de armazenamento da energia produzida, uma vez que estas centrais têm como principal propósito a colocação da energia produzida diretamente na rede. Sendo esta energia libertada para a rede elétrica, poderá colocar-se a questão da produção de energia nas proximidades referida no conceito NZEB da EPBD RECAST. Refira-se ainda que, segundo o DL 118/2006 juntamente com a suas novas redações, a energia elétrica produzida num

edifício ou nas suas proximidades só poderá ser contabilizada, para efeitos de cálculo do balanço energético, caso exista um sistema de armazenamento da mesma, ou seja baterias. Em alternativa aos sistemas apresentados existem os sistemas de produção individual, como por exemplo, os coletores solares térmicos individuais ou coletivos, que permitem a acumulação de energia através de reservatórios de inércia.

---

#### 5.1.1.4. *Sistemas Solares Térmicos Individuais*

Os sistemas solares térmicos individuais podem ser do tipo circulação forçada ou termossifão.

A base de funcionamento dos painéis solares térmicos consiste na utilização da luz solar para o aquecimento de água. Este sistema, na generalidade, é constituído por um painel solar térmico que contém tubos de cobre no seu interior, dentro desses tubos circula um líquido ou gás (não tóxico) especialmente selecionado pelas suas características termodinâmicas, que se movimenta lentamente no interior dos tubos, absorvendo assim o calor proveniente da energia solar. Quando o líquido se encontra suficientemente quente é transferido para um permutador de calor inserido no interior de um reservatório de água. O fluído nunca entra em contacto com a água e esta é aquecida pela transferência de calor do cobre para a água [84].

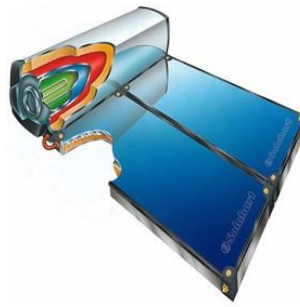
Os dois tipos de sistemas solares térmicos, circulação por termossifão e circulação forçada, dividem-se na forma como o fluído e a água circulam no sistema.

##### 5.1.1.4.1. *Sistema Termossifão*

---

Os sistemas de circulação por termossifão utilizam as leis da física para fazer a água circular de forma gratuita no sistema. Usando os princípios da gravidade e da termodinâmica, o sistema é calculado de forma a que a água quente suba para o reservatório naturalmente enquanto que a água fria desça para o painel solar. Este sistema elimina completamente a necessidade de uma bomba elétrica para fazer circular a água, sendo mais económico por este motivo. O sistema é de fácil instalação e o tamanho do reservatório é definido conforme as necessidades de água quente sanitária de cada edifício, assim como o tamanho dos coletores solares [84].

A Figura 5.8 ilustra um sistema solar térmico do tipo termossifão.



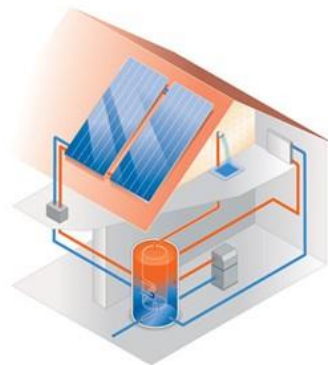
**Figura 5.8: Sistema solar térmico do tipo termossifão. [84]**

Dependendo das aplicações, este tipo de sistema poderá não ser tão eficiente como os sistemas de circulação forçada e obrigam a que o reservatório de água esteja instalado acima dos painéis solares.

#### 5.1.1.4.2. Sistema de Circulação Forçada

---

Este tipo de sistema tem o reservatório de água separado dos painéis solares, permitindo ter o reservatório ao nível térreo em qualquer compartimento do edifício e os painéis instalados na cobertura. A Figura 5.9 ilustra um sistema solar térmico individual do tipo circulação forçada.



**Figura 5.9: Sistema solar térmico individual do tipo circulação forçada [84].**

Ao contrário do sistema termossifão, a água circula no sistema com auxílio de uma bomba controlada eletronicamente, permitindo uma maior eficiência já que o sistema pode calcular quando será necessário ter a água a circular e com que caudal esta circula, não existindo muito desaproveitamento de energia [84].

### 5.1.2. Sistemas Solares Fotovoltaicos

Os sistemas solares fotovoltaicos são geralmente constituídos por painéis fotovoltaicos que fazem a conversão direta da luz solar para eletricidade a um nível atômico. A luz solar é composta de fótons ou partículas de energia solar. Estes fótons possuem diferentes quantidades de energia, dependendo do comprimento de onda do espectro solar. Alguns materiais possuem propriedades que proporcionam um efeito conhecido com “efeito fotovoltaico” que faz absorver fótons e libertar elétrons. Quando estes elétrons são capturados é originada uma corrente elétrica que pode ser usada como eletricidade. A corrente elétrica que se cria nos painéis ainda não se encontra pronta para uso doméstico já que a grande maioria dos aparelhos domésticos utiliza corrente alternada e a corrente gerada pelos painéis solares fotovoltaicos é corrente contínua. Por este motivo, torna-se necessário utilizar um inversor de corrente, designado por AC/DC [85].

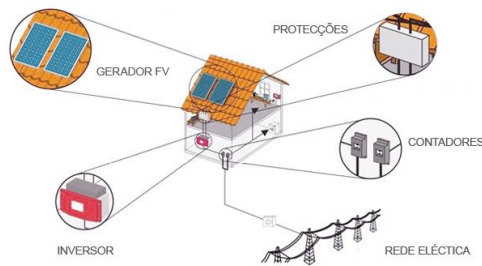
Um painel solar fotovoltaico é constituído por várias células fotovoltaicas que são formadas, no mínimo, por duas camadas de materiais semicondutores. Uma camada com carga positiva e outra com carga negativa. Quando a luz solar atinge as células fotovoltaicas, muitos dos fótons são refletidos ou passam através da célula e outros são absorvidos pela mesma. Quando a camada negativa da célula tiver absorvido fótons suficientes, os elétrons são libertados dessa camada, migrando assim para a camada semicondutora positiva criando uma diferença de potencial entre as duas camadas [85].

As células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo. Atualmente a eficiência das células fotovoltaicas é muito reduzida e as poucas com maior eficiência têm um custo de produção muito elevado [86].

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser distinguidos quanto ao seu objetivo de produção. Existem sistemas de Unidades de Pequena Produção (UPP) correntemente designadas por microgeração, em que o objetivo principal é libertar a energia produzida diretamente na rede elétrica de serviço público (RESP) e os sistemas de Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) em que o principal propósito é o fornecimento de energia diretamente ao edifício. Este sistema poderá incluir um conjunto de baterias de armazenamento de energia elétrica.



As Figuras 5.10 e 5.11 ilustram as Unidades de Pequena Produção (UPP) e as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC).



**Figura 5.10: Unidades de Pequena Produção (UPP) [88].**



**Figura 5.11: Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) [88].**

A produção de energia através de sistemas solares fotovoltaicos é uma atividade regulada pelo Decreto-Lei N.º 153/2014 de 20 de outubro e pelas portarias N.º 14/2015 e 15/2015 de 23 de janeiro. O autoconsumo é um novo modelo de produção descentralizada de energia a partir de energias renováveis, em particular a partir do Sol, em que a energia elétrica produzida é consumida predominantemente pelo produtor embora com possibilidade de injetar o remanescente na RESP. O autoconsumo permite também a acumulação de energia com recurso a baterias, as quais são carregadas quando existe mais produção, sendo a energia usada em períodos de ausência de produção [87].

Até à entrada em vigor do Decreto-Lei 153/2014 todas as unidades de microgeração tinham, obrigatoriamente, que injetar toda a energia produzida na RESP. Este regulamento veio permitir a possibilidade de consumir a energia elétrica produzida no próprio edifício através das Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC), indo de encontro à definição NZEB da EPBD RECAST, ou seja, as necessidades energéticas dos edifícios poderão ser supridas com recurso a unidades de produção para autoconsumo.

O modelo de funcionamento das UPAC é o seguinte [88]:

- A unidade de produção (UPAC) produz preferencialmente para satisfazer as necessidades de consumo;
- A energia produzida é instantaneamente injetada na instalação de consumos;
- O excedente produzido é injetado na RESP, evitando o desperdício;
- A UPAC é instalada no local de consumo;

- A potência de ligação da UPAC tem de ser inferior à potência contratada na instalação de consumo;
- A potência da UPAC não pode ser superior a duas vezes a potência de ligação.

Os painéis solares fotovoltaicos são os constituintes mais comuns e mais rentáveis das UPAC, no entanto estas unidades podem obter a energia através de outras fontes de energia renovável sem ser os convencionais painéis solares fotovoltaicos, como por exemplo, os sistemas de aproveitamento de energia eólica.

## 5.2.SISTEMAS EÓLICOS

A energia eólica resulta do aproveitamento da energia cinética do vento que é transformada em energia elétrica através de uma turbina. O princípio de funcionamento deste sistema consiste na incidência do vento sobre as pás de uma turbina provocando a rotação das mesmas e consequentemente a rotação de um eixo, gerando assim energia mecânica. A rotação do eixo põe em funcionamento o gerador que transforma a energia mecânica em energia elétrica.

Os sistemas de aproveitamento de energia eólica dividem-se em turbinas de eixo horizontal e de eixo vertical, representados nas Figuras 5.12 e 5.13 respetivamente.

Os sistemas de turbina de eixo horizontal são os mais comuns e apresentam maior eficiência quando instalados em locais com boa exposição ao vento. Porém, apresentam algumas desvantagens relativamente aos sistemas de turbinas de eixo vertical, tais como a elevada emissão sonora, mais vibrações e pior desempenho em meio urbano. Os sistemas de turbinas de eixo vertical são menos ruidosos e o seu funcionamento não depende da orientação do vento, no entanto são menos eficientes [91].



**Figura 5.12: Energia eólica: Sistema de eixo horizontal [89].**



**Figura 5.13: Energia eólica: sistema de eixo vertical [90].**

Os aerogeradores de pequeno porte, domésticos ou mini eólicas são capazes de gerar uma parte significativa da energia elétrica consumida numa habitação ou numa pequena indústria, não só em áreas rurais e outros locais isolados, mas também em zonas urbanas. As condições básicas para a instalação de um aerogerador de pequeno porte são as seguintes [92]:

- Boa exposição ao vento, com regularidade ao longo do ano;
- Existência de espaço suficiente;
- Cumprir os requisitos legais de instalação;
- Conhecimento da necessidade energética que se pretende gerar;
- Avaliar a rentabilidade do investimento.

Em Portugal, a instalação de um aerogerador cujo raio do rotor não ultrapasse 1,5 metros e não suba acima dos 4 metros do topo da construção, não carece de licença camarária. Se ultrapassar estas medidas é necessário obter uma licença [92].

O Despacho N.º 15793-H/2013 do Decreto-Lei N.º 118/2013 de 20 de agosto, define a metodologia para a determinação da energia produzida por um aerogerador, que consiste no somatório do produto entre a curva de potência do aerogerador e a função de distribuição por classes de velocidade do vento para o local onde se pretende instalar o sistema (expressão 5.1).

$$E_{ren} = \sum_{i=1}^n P_{(i)} \times F_{(i)} \quad (5.1)$$

Em que:  $i$  – classe do vento, em intervalos não superiores a 1 m/s;  $P_{(i)}$  – potência média do aerogerador na classe  $i$ , [kWh];  $F_{(i)}$  – número de horas de vento na classe  $i$ , [h].

Em sistemas isolados, não ligados à rede elétrica nacional, além do aerogerador o sistema deverá possuir um controlador de carga que protege as baterias de sobrecarga, e de baterias estacionária, que permitem muitos ciclos de carga e descarga desde que não ultrapasse 80% da sua capacidade [92]. À semelhança dos sistemas solares fotovoltaicos, será necessário que o sistema possua um inversor que converta a corrente contínua em corrente alterna.

Em muitas situações, a opção pela energia eólica é a que apresenta melhores garantias de sucesso, uma melhor relação custo/benefício e um período de recuperação do investimento mais curto. Desde que existam condições climáticas e físicas apropriadas, as mini eólicas permitem gerar energia dia e noite durante 365 dias por ano. Conjugadas com sistemas solares fotovoltaicos, baterias e outros equipamentos, podem permitir total autonomia energética a moradias isoladas da rede elétrica nacional [92].

### 5.3.SISTEMAS DE BIOMASSA

Por definição a biomassa é a matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, que pode ser utilizada como fonte de energia renovável sob a forma de eletricidade, calor ou combustível.

A biomassa é uma forma de armazenamento de energia solar. As plantas capturam a energia do Sol com uma eficiência de cerca de 0,1%, transformam-na em energia química e armazenam-na na sua estrutura celular. As plantas e as árvores absorvem o CO<sub>2</sub> da atmosfera armazenando-o na sua estrutura celular. A queima da biomassa devolve à atmosfera o CO<sub>2</sub> armazenado. Com o crescimento de novas plantas e árvores este CO<sub>2</sub> é libertado e novamente capturado, mantendo assim o ciclo do carbono atmosférico em equilíbrio. Desde que a biomassa seja regenerada e recolhida para utilização, o ciclo pode ser mantido em equilíbrio indefinidamente. Uma gestão sustentável das florestas e pastos é imprescindível para que o ciclo do carbono não seja alterado [93].

A Figura 5.14 ilustra o ciclo do carbono no globo terrestre.

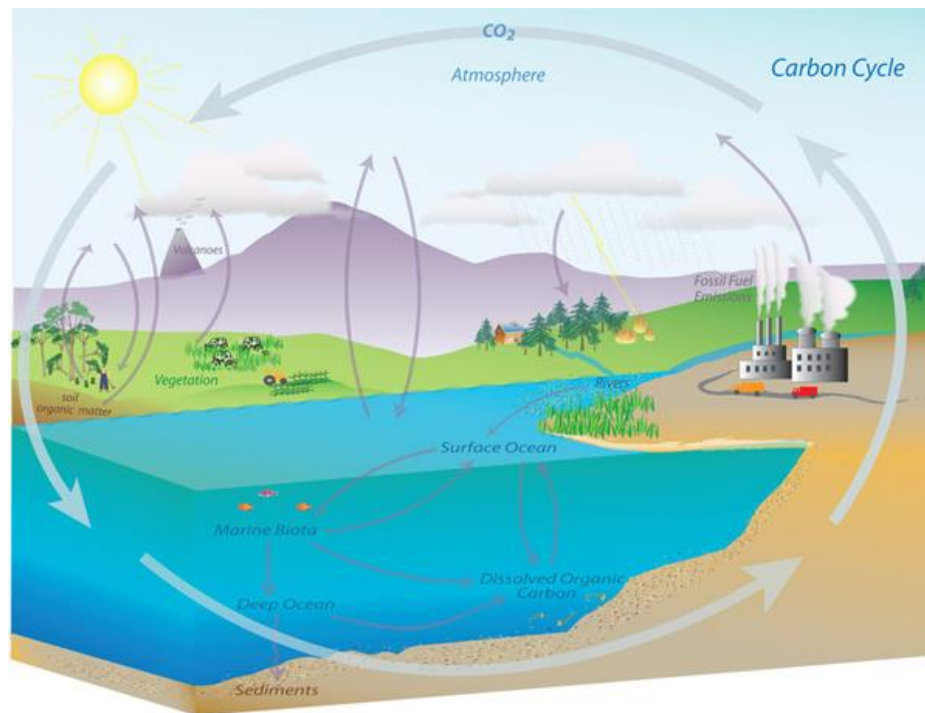


Figura 5.14: Ciclo do Carbono [94].

A biomassa vegetal encontra-se geralmente num estado sólido agregado. Tem ainda uma forma geométrica e um teor em água que, na maior parte dos casos e por razões técnicas, define o uso energético direto. Esta energia pode ser convertida em outras formas de energia, tais como [93]:

- Energia calorífica:

O calor é normalmente produzido em sistemas de combustão. Em pequena escala o calor pode ser usado para aquecer uma habitação (lareiras, salamandras, etc.) e em grande escala para produzir calor em centrais que, por meio de redes térmicas, distribuem o calor a diversas habitações para aquecimento ambiente e da água sanitária. Para sistemas de combustão estacionários, cuja única função seja a produção de calor, predominam os combustíveis sólidos. A madeira como resíduo ou matéria-prima, pode ser usada para gerar calor, com baixos custos de processamento, de trituração ou secagem.

- Energia mecânica:

A energia mecânica é produzida por meio de geradores de calor e energia, com as máquinas a vapor ou motores de combustão interna. Nestas, o combustível líquido ou gasoso é

inflamado nos cilindros de um motor a combustão. A expansão da mistura combustível/ar causada pela combustão é então convertida em energia. O calor produzido por este processo tem de ser dissipado para o ambiente, através de um sistema de arrefecimento. Como exemplo temos a utilização do biodiesel ou do etanol no setor dos transportes.

- Energia elétrica:

Os sistemas que produzem energia mecânica, em motores de combustão ou turbinas de combustão direta e indireta, são acoplados a geradores elétricos. Estes convertem a energia mecânica em energia elétrica. A utilização de energia mecânica para a produção de energia elétrica gera aproximadamente dois terços de calor, para um terço de eletricidade, o que demonstra o aumento da eficiência económica da cogeração (produção simultânea de calor e de eletricidade) em aplicações estacionárias.

As fontes orgânicas que são usadas para produzir energias usando estes processos são chamadas de biomassa. Podem-se considerar várias fontes energéticas de origem natural, tais como a biomassa sólida, biocombustíveis gasosos ou biocombustíveis líquidos [93].

O Despacho N.º 15793-H/2013 do Decreto-Lei N.º 118/2013 de 20 de agosto, define a metodologia para a determinação da contribuição de um sistema de queima de biomassa sólida quando utilizado para climatização, através da expressão 5.2.

$$E_{ren} = \left( \frac{N_{ic} \times A_p}{\eta_k} \right) \times f_{i,k} \quad (5.2)$$

Em que:

$\eta_k$  – Eficiência do sistema a biomassa;

$A_p$  – Área interior útil de pavimento, [m<sup>2</sup>];

$N_{ic}$  – Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento, [kWh/m<sup>2</sup>.ano];

$f_{i,k}$  – Parcela das necessidades de energia para aquecimento supridas pelo sistema a biomassa, determinada pela expressão 5.3.

$$f_{i,k} = \frac{A_s}{A_p} \quad (5.3)$$

Onde  $A_s$  – Área dos compartimentos servidos pelo sistema a biomassa, [m<sup>2</sup>].

Quando o sistema é utilizado para águas quentes sanitárias (AQS), a contribuição de um sistema de queima a biomassa sólida é determinada pela expressão 5.4.

$$E_{ren} = \frac{Q_a}{\eta_k} \times f_{i,k} \quad (5.4)$$

Em que:

$Q_a$  – Necessidades de energia útil para preparação de AQS, [kWh/ano];

No caso de sistemas com dupla função (AQS e aquecimento ambiente), a contribuição do sistema a biomassa, é função da localização da instalação do equipamento, conforme a expressão 5.4.

$$E_{ren} = \left( \frac{N_{ic} \times A_p}{\eta_k} \right) \times f_{i,k} + \frac{Q_a}{\eta_k} \times f_{i,k} \times f_{r,a} \quad (5.5)$$

Em que  $f_{r,a}$  toma o valor de 1, exceto quando o sistema for instalado num espaço interior útil do edifício ou fração e condiciona o ambiente do mesmo, tomando, nesses casos, o valor de  $M/12$ , em que  $M$  é a duração da estação de aquecimento em meses.





## CAPÍTULO 6

### **CASO DE ESTUDO – DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UMA MORADIA UNIFAMILIAR**



## 6. CASO DE ESTUDO

De acordo com o exposto anteriormente, o capítulo 6 define os requisitos mínimos para a qualidade térmica da envolvente, valores limite para as necessidades de energia e ainda qual a percentagem do contributo de energia proveniente de fontes renováveis passíveis de ser implementados para que se possa convergir para NZEB.

Este capítulo apresenta um caso de estudo de uma moradia unifamiliar isolada localizada no concelho de Mirandela. Este estudo consiste numa análise térmica e energética de soluções construtivas passíveis de ser executadas/implementadas no edifício em estudo de modo a que este possa ser considerado NZEB.

### 6.1. REQUISITOS DE PROJETO

A determinação das necessidades energéticas do edifício unifamiliar apresentado no ponto seguinte foi efetuada com base na metodologia de cálculo apresentada no Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto. O projeto que se apresenta em seguida foi elaborado de modo a que o edifício seja caracterizado como um NZEB, ou seja, adotando uma abordagem inicial de minimização das necessidades energéticas e numa segunda abordagem propor sistemas de aproveitamento de fontes de energias renováveis de modo a cobrir as baixas necessidades energéticas obtidas. Para tal, foram introduzidos requisitos mais exigentes no que respeita à qualidade térmica da envolvente, necessidades máximas de energia e uso de energia proveniente de fontes de energia renovável, do que os apresentados na legislação atualmente em vigor. Os requisitos para que o edifício possa ser caracterizado como NZEB são os seguintes:

- $U_{máx}$  para a envolvente opaca vertical exterior e em contacto com ENU com  $b_{tr}$  superior a 0,7 (excluindo portas) – 0,30 W/m<sup>2</sup>.°C;
- $U_{máx}$  para a envolvente opaca horizontal exterior e em contacto com ENU com  $b_{tr}$  superior a 0,7 – 0,25 W/m<sup>2</sup>.°C;
- $U_{máx}$  para vãos envidraçados exteriores – 2,20 W/m<sup>2</sup>.°C;
- N.º de renovações de ar por hora (Rph) superiores a 0,40 h<sup>-1</sup> e inferiores a 0,60 h<sup>-1</sup>.

- Necessidades nominais de energia útil para aquecimento inferiores a 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano;
- Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento inferiores a 10 kWh/m<sup>2</sup>.ano;
- Necessidades nominais anuais globais de energia primária inferiores a 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.ano;
- Contributo de fontes de energia renováveis para aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS não inferior a 80% das respetivas necessidades energéticas.
- As emissões anuais de CO<sub>2</sub> devem ser inferiores a 0,75 toneladas.

O cálculo do balanço energético do edifício em análise foi efetuado com recurso à ferramenta de cálculo do ITeCons, FC\_REH\_XML\_v2.25\_20160926, disponível em [www.itecons.uc.pt](http://www.itecons.uc.pt).

A determinação da taxa de renovação horaria do sistema de ventilação foi efetuada com recurso à Aplicação LNEC para a ventilação no âmbito do REH e RECS, versão 2.0a de 12/02/2014, desenvolvida pelo Eng. Armando Pinto do LNEC.

O contributo dos sistemas de energia renovável propostos para edifício em análise foi determinado com recurso ao software de cálculo SCE.ER – Quantificação do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de Energias Renováveis, versão 1.4 (buid 0) de 04/11/2016, desenvolvido pela DGEG.

Após o cálculo do balanço energético foi elaborado um Pré-Certificado Energético, apresentado no Anexo 7, sem validade legal, tendo sido elaborado pelo autor do presente documento no Portal online da ADENE reservado para Peritos Qualificados do SCE.

## 6.2. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em análise é do tipo moradia unifamiliar cujo projeto de arquitetura foi desenvolvido pelo Arq. João Fernandes Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

O edifício possui fachadas nas orientações Norte, Sul, Este e Oeste e pretende-se que seja implantado à cota de 602 m no lugar de Brincos, freguesia de Alvites no concelho de

Mirandela<sup>15</sup> (Região NUTS III – Alto Trás-os-Montes), cujos dados climáticos e geográficos são apresentados no Quadro 6.1.

**Quadro 6.1: dados geográficos e climáticos do edifício em análise.**

*Dados Geográficos e Climáticos do Edifício em análise*

<i>Latitude</i>	41.590593
<i>Longitude</i>	-7.053647
<i>Graus-dia</i>	1906
<i>Zona climática de Inverno</i>	I <sub>3</sub>
<i>Temperatura média exterior de Inverno</i>	5,8 °C
<i>Duração da estação de aquecimento</i>	7,3 meses
<i>Zona climática de Verão</i>	V <sub>3</sub>
<i>Temperatura média exterior de Verão</i>	22 °C
<i>Duração da estação de arrefecimento</i>	4 meses

A Figuras 6.1 a 6.4 apresentam as orientações das fachadas do edifício em análise.



**Figura 6.1: Fachadas Norte e Este.**



**Figura 6.2: Fachada Norte.**

<sup>15</sup> O projeto de arquitetura em análise não foi elaborado para esta região. O local de implementação do edifício foi selecionado, apenas para a elaboração do presente documento, de modo a obter as condições aparentemente mais desfavoráveis para a estação de aquecimento e arrefecimento.



Figura 6.3: Fachada Oeste.



Figura 6.4: Fachada Sul.

A moradia em análise é constituída por três pisos e apresenta tipologia T4+1 (T5). É compartimentada no piso -1 por garagem, zona técnica, arrumos e zona de acesso ao piso superior, no piso 0 por hall de entrada, cozinha, sala comum, quatro quartos, um escritório, três instalações sanitárias e circulações, e no piso 1 por sala de estar e hall de acesso ao piso inferior, com uma área útil de pavimento de 255,67 m<sup>2</sup> e pé-direito médio ponderado de 2,60 m. O Quadro 6.2 apresenta os espaços que compõem a fração com a respetiva área e pé direito.

Quadro 6.2: caracterização dos espaços que compõem a habitação em análise.

Referência	Designação	Piso	Área (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio	Tipo de espaço
1	Garagem	-1	204,89	2,34	ENU
2	Arrumo	-1	8,60	2,40	ENU
3	Zona Técnica	-1	13,09	2,40	ENU
4	Hall	-1	12,03	2,40	Zona térmica
5	Instalação sanitária	0	7,21	2,40	Zona térmica
6	Closet	0	6,55	2,40	Zona térmica
7	Quarto	0	12,89	2,60	Zona térmica
8	Instalação sanitária	0	7,22	2,60	Zona térmica
9	Circulação	0	7,72	2,40	Zona térmica
10	Quarto	0	13,24	2,60	Zona térmica
11	Quarto	0	13,24	2,60	Zona térmica
12	Quarto	0	13,14	2,60	Zona térmica
13	Escritório	0	13,42	2,60	Zona térmica

Referência	Designação	Piso	Área (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio	Tipo de espaço
14	Circulação	0	5,80	2,50	Zona térmica
15	Zona de escadas	0	9,02	4,91	Zona térmica
16	Hall de entrada	0	9,74	2,50	Zona térmica
17	Cozinha	0	21,15	2,55	Zona térmica
18	Circulação	0	12,69	2,89	Zona térmica
19	Instalação sanitária	0	1,76	2,45	Zona térmica
20	Sala Comum	0	50,41	2,55	Zona térmica
21	Hall	1	2,75	1,90	Zona térmica
22	Sala de estar	1	35,69	2,32	Zona térmica

De todos os espaços apresentados no quadro anterior, foi considerado que a garagem, arrumo e zona técnica, pelas suas características térmicas e de ventilação, correspondem a espaços não úteis (ENU).

### 6.3. CARACTERIZAÇÃO DOS ESPAÇOS NÃO ÚTEIS

Foram identificados seis espaços passíveis de serem considerados como não úteis: garagem, arrumo e zona técnica do piso -1, dois ductos que albergam as canalizações de águas e esgotos, e ainda um espaço correspondente a um teto falso da varanda da fachada posterior orientada a Sul.

Estes espaços são caracterizados através da determinação do seu coeficiente de redução de perdas ( $b_{tr}$ ), que poderá ser determinado com base na EN ISO 13789, sendo calculado com base na seguinte expressão 6.1.

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (6.1)$$

Em que:

$\theta_{int}$  – Temperatura interior (°C);

$\theta_{enu}$  – Temperatura do espaço não útil (°C);

$\theta_{ext}$  – Temperatura ambiente exterior (°C).

Como a abordagem seguida neste documento corresponde a um edifício novo, ou seja, em fase de projeto, as temperaturas dos espaços não úteis não são conhecidas. Neste sentido, a determinação do  $b_{tr}$  foi efetuada em função da taxa de renovação do ar e do volume do espaço não útil ( $V_{enu}$ ) e ainda em função da razão  $A_i/A_u$  ( $A_i$  – somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil;  $A_u$  – somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior). Entrando com estes valores na tabela 22 do Despacho 15793-K/2013 é possível estimar o  $b_{tr}$  para cada espaço. O Quadro 6.3 apresenta os valores de  $b_{tr}$  estimados para cada ENU identificado.

**Quadro 6.3: Determinação do coeficiente de redução de perdas ( $b_{tr}$ ) dos espaços não úteis.**

ENU	$A_i$ (m <sup>2</sup> )	$A_u$ (m <sup>2</sup> )	$A_i/A_u$	$V_{enu}$ (m <sup>3</sup> )	Ventilação	$b_{tr}$
Garagem	179,11	60,32	2,97	479,57	fraca	0,60
Arrumo	8,60	0,00	> 4	20,64	fraca	0,30
Z. Técnica	7,21	17,25	0,42	31,42	forte	1,00
Teto falso exterior da fachada Sul	1,34	27,43	0,05	3,38	fraca	1,00
Ducto 1	6,96	7,04	0,99	0,99	forte	0,90
Ducto 2	15,45	15,45	1,00	8,93	forte	0,80

Para os espaços do quadro anterior com  $b_{tr}$  superior a 0,70 foram aplicados os requisitos mínimos definidos para a envolvente exterior.

#### 6.4. DEFINIÇÃO DA ENVOLVENTE

A definição da envolvente do edifício em análise foi efetuada com base no exposto no ponto 4.4 deste documento e depois de caracterizados os espaços não úteis. A Figura 6.5 apresenta a legenda de cores e tramas que identificam a envolvente do edifício representada nas Figuras 6.6 a 6.9.



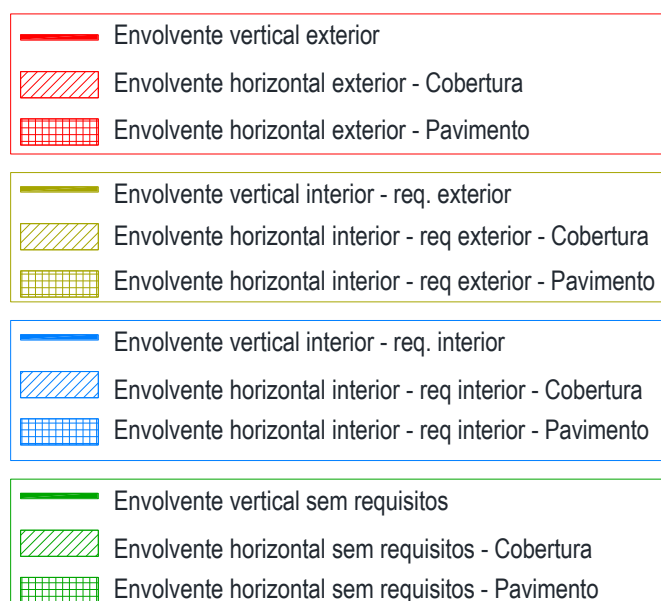


Figura 6.5: Legenda de cores e tramas que identificam em planta a envolvente térmica do edifício.

A Figura 6.6<sup>16</sup> apresenta a planta do piso -1 com a delimitação da envolvente ao nível do piso. Neste piso existe apenas um espaço correspondente à zona térmica (espaço 4 – hall) que faz fronteira com o exterior e com a garagem (ENU com  $b_{tr} < 0,70$ ). O pavimento deste espaço está em contacto direto com o terreno (envolvente sem requisitos).

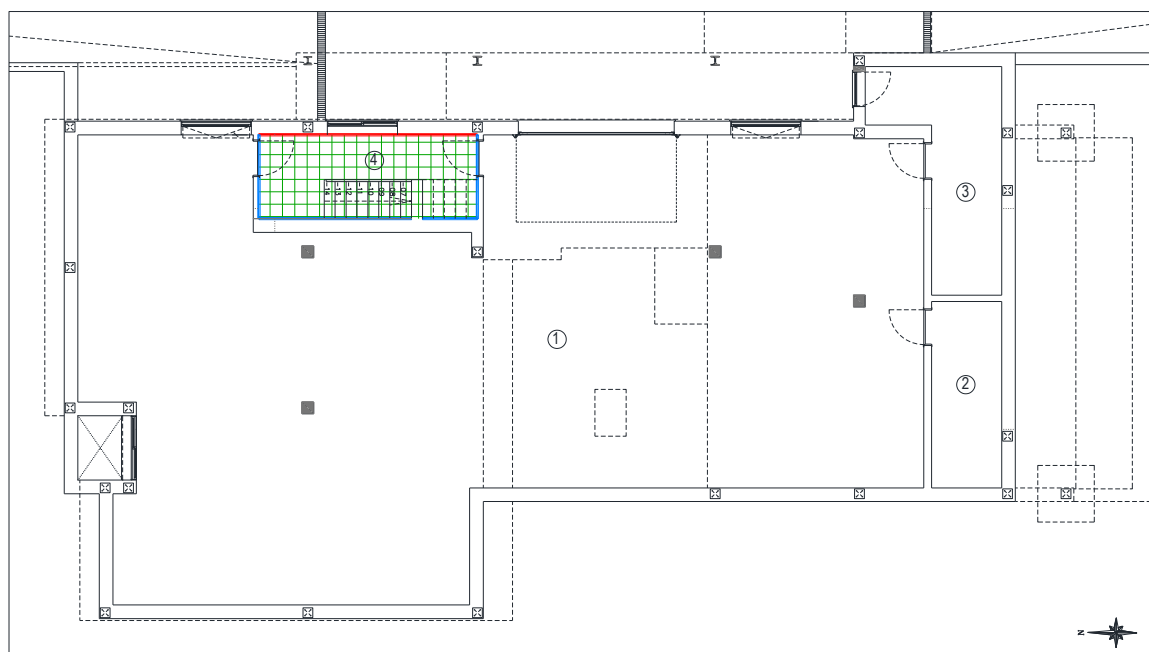


Figura 6.6: Planta do piso -1 com a delimitação da envolvente ao nível do piso.

<sup>16</sup> As plantas apresentadas nas Figuras 6.6 a 6.9 não se encontram à escala, correspondem apenas a representações esquemáticas da arquitetura da moradia em análise.

A Figura 6.7 apresenta a planta do piso 0 com a delimitação da envolvente ao nível do piso. Nela é possível constatar que toda a envolvente vertical (paredes e vãos) está em contacto direto com o exterior. A envolvente horizontal (pisos) tem maior área em contacto com a garagem e arrumo (ENU com  $b_{tr} < 0,70$  – representação a quadriculado azul), uma pequena área em contacto com a zona técnica (ENU com  $b_{tr} > 0,70$  – representação a quadriculado amarelo torrado) e a restante área na zona da cozinha e hall de entrada em contacto direto com o exterior (representação a quadriculado vermelho).

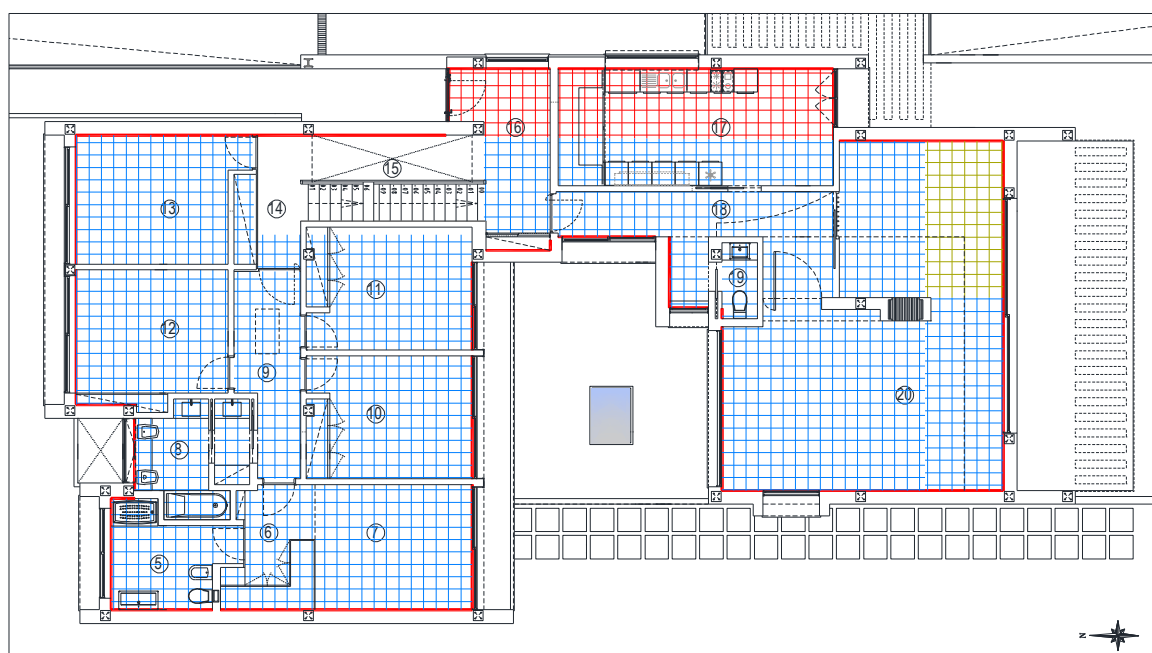


Figura 6.7: Planta do piso 0 com a delimitação da envolvente ao nível do piso.

A Figura 6.8 apresenta a planta do mesmo piso (piso 0), mas agora com a delimitação da envolvente ao nível do teto. A envolvente vertical difere da representada na Figura 6.7 uma vez que, ao nível do teto, a fachada Sul da sala comum está em contacto com um teto falso exterior (teto da varanda exterior) com  $b_{tr}$  superior a 0,7. A envolvente horizontal está na sua grande maioria em contacto com o exterior, existindo dois espaços de reduzida área em contacto com ductos de  $b_{tr}$  superior a 0,7.

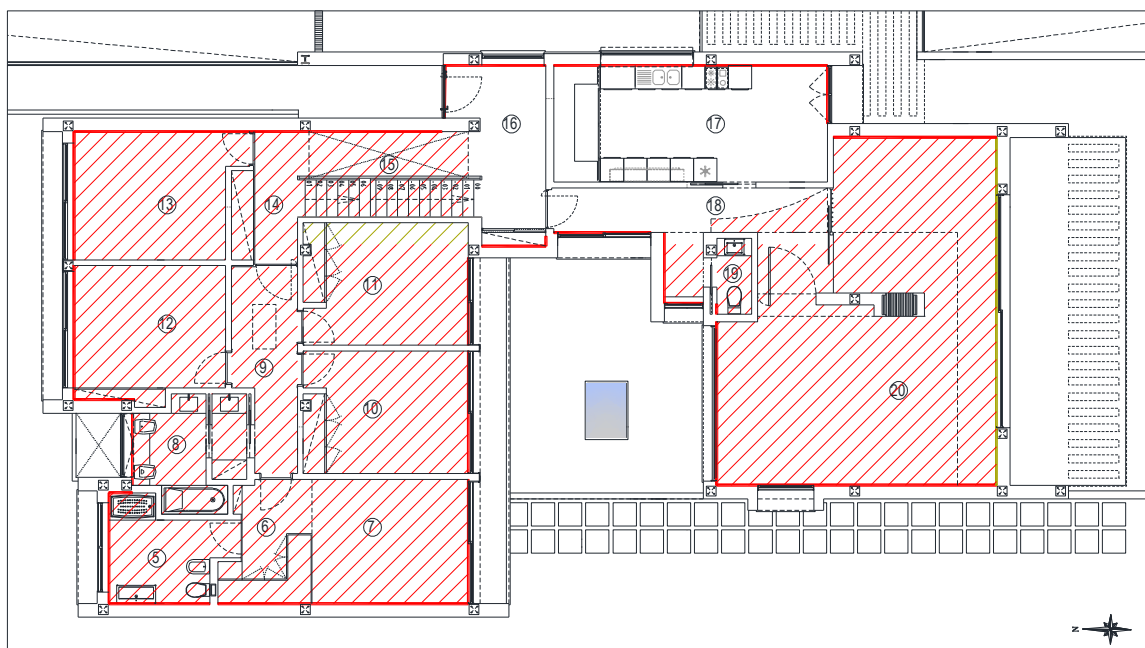


Figura 6.8: Planta do piso 0 com a delimitação da envolvente ao nível do teto.

Finalmente, a Figura 6.9 apresenta a delimitação da envolvente térmica do piso 1 ao nível do teto. Neste piso, a envolvente vertical está na sua maioria em contacto direto com o exterior, no entanto existem áreas de parede que fazem fronteira com os ductos da fachada poente (ENU com  $b_{tr} > 0,70$ ). Toda a área de teto do piso 1 está em contacto direto com o exterior.

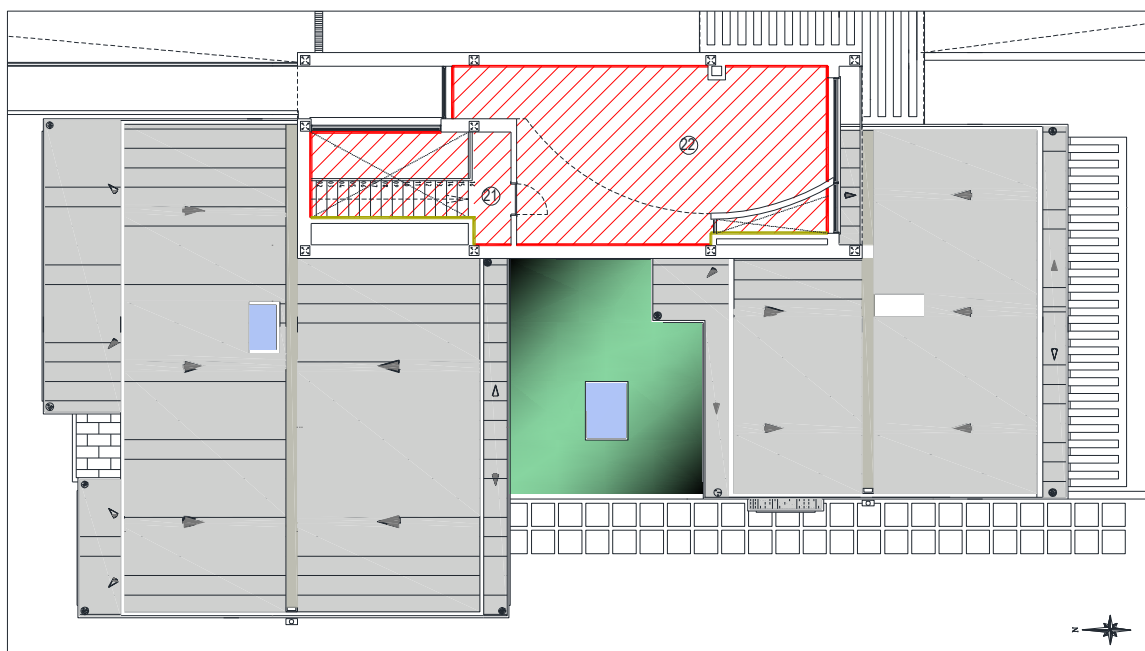


Figura 6.9: Planta do piso 1 com a delimitação da envolvente ao nível do teto.

Após a delimitação da envolvente do edifício é possível atribuir os requisitos mínimos aos elementos construtivos que a compõem e definir as soluções construtivas mais eficientes do ponto de vista térmico e otimizadas à arquitetura em questão.

### 6.5. CARACTERIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

As soluções construtivas propostas para a moradia em análise foram definidas de modo a minimizar ao máximo as trocas de energia entre o espaço interior útil e o exterior e espaços não úteis, tendo como consequência a diminuição das necessidades energéticas do edifício. A definição destas soluções teve em consideração não só os requisitos mínimos estabelecidos no início deste capítulo, como também as condicionantes da arquitetura.

Os materiais propostos foram definidos com base nas suas propriedades térmicas, acústicas e no seu custo atual de mercado. Poderiam ter sido selecionados outros materiais, que segundo algumas bibliografias são considerados mais ecológicos, no entanto, para uma escolha precisa e eficiente destes materiais seria necessário efetuar uma avaliação do seu ciclo de vida, esta avaliação não se enquadra no âmbito deste documento.

O valor de  $U$  das diferentes soluções construtivas foi determinado com recurso a expressão 6.2:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (6.2)$$

Em que:

$R_j$  – Resistência térmica da camada  $j$  ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ );

$R_{si}$  – Resistência térmica superficial interior ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ );

$R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior ( $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ );

As resistências térmicas das diferentes camadas foram consultadas nas tabelas do ITE50 do LNEC e em alguns casos específicos obtidas em catálogos de fabricantes que constam nas referências bibliográficas apresentadas no capítulo 8.

O Anexo 2 apresenta uma caracterização exaustiva das soluções construtivas da envolvente opaca, sendo apresentada em forma de Ficha de Técnica. Estas Fichas técnicas contêm uma

descrição detalhada da solução construtiva, pormenor construtivo, caracterização das diferentes camadas que compõem a solução, valor de  $U$  e ainda a área afeta a cada solução. Os pontos seguintes apresentam uma caracterização sucinta dos elementos construtivos da envolvente opaca vertical e horizontal e ainda a caracterização dos vãos envidraçados exteriores.

### 6.5.1. Envolvente Opaca Vertical

As soluções construtivas relativas a paredes e portas exteriores e em contacto com ENUs são caracterizadas no Quadro 6.4.

**Quadro 6.4: Caracterização das soluções construtivas da envolvente opaca vertical.**

<i>Ref.</i>	<i>Descrição sucinta</i>	<i>U [W/m<sup>2</sup>.°C]</i>	<i>Coefficiente de absorção</i>
<i>PDE1</i>	Parede exterior em alvenaria simples de bloco térmico com 30 cm e isolamento térmico EPS pelo exterior em sistema ETICS com 10 cm de espessura.	0,25	0,40
<i>PDE2</i>	Parede exterior em fachada ventilada em alvenaria simples de bloco térmico com 30 cm e isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS com 10 cm de espessura.	0,25	0,80
<i>PDE3</i>	Parede exterior em alvenaria simples de bloco térmico com 30 cm e isolamento térmico EPS pelo exterior em sistema ETICS com 10 cm de espessura.	0,25	0,50
<i>PDE4</i>	Parede exterior na zona da claraboia em elemento de betão armado com 10 cm, com isolamento térmico pelo interior em lã de rocha com 10 cm e pelo exterior em sistema ETICS com 10 cm de EPS	0,18	0,40
<i>PTPPDE1</i>	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural com 10 cm de espessura.	0,30	0,40
<i>PTPPDE2</i>	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural com 10 cm de espessura e em fachada ventilada	0,29	0,80
<i>PTPPDE3</i>	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural com 10 cm de espessura.	0,30	0,50
<i>PTPPDE4</i>	Ponte térmica plana exterior em caixas de estore pré-fabricada em betão e isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura no interior da caixa.	0,59	0,40
<i>VOE1</i>	Porta exterior metálica com 4 cm de isolamento térmico em placas de espuma rígida de poliuretano entre paramentos metálicos.	0,85	0,40

Ref.	Descrição sucinta	$U$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	Coefficiente de absorção
PDI1	Parede interior com garagem do piso -1 ( $b_{tr}=0,60$ ) em alvenaria simples de tijolo 11, com isolamento térmico em lã de rocha de 6 cm e proteção em placas de gesso cartonado na face do espaço não útil.	0,47	-
PDI2	Parede interior com garagem do piso -1 ( $b_{tr}=0,60$ ) em alvenaria simples de bloco térmico de 30 cm de espessura, com isolamento térmico em lã de rocha de 6 cm e proteção em placas de gesso cartonado na face do espaço não útil.	0,34	-
PDI3	Parede interior em contacto com ductos ( $b_{tr}=0,80$ e $0,90$ ) com isolamento térmico em lã de rocha de 6 cm de espessura pelo interior, revestimento interior em placas de gesso cartonado e ainda uma manta de lã de rocha de 6 cm de espessura do lado do ENU a envolver as canalizações.	0,28	-
PDI4	Parede interior em contacto com teto falso exterior da fachada Sul ( $b_{tr}=1,0$ ) em alvenaria simples de bloco térmico com 30 cm e isolamento térmico EPS pelo exterior em sistema ETICS com 10 cm de espessura.	0,25	-
PTPPDI1	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas) em contacto teto falso exterior da fachada Sul ( $b_{tr}=1,0$ ), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural com 10 cm de espessura.	0,29	-
VOI1	Porta interior em contacto com garagem ( $b_{tr}=1,0$ ), em madeiras leves com espaço de ar confinado entre paramentos de madeira.	1,97	-

### 6.5.2. Envolvente Opaca Horizontal

As soluções construtivas relativas a pavimentos e coberturas exteriores e em contacto com ENUs são caracterizadas no Quadro 6.5.

**Quadro 6.5: Caracterização das soluções construtivas da envolvente opaca horizontal.**

Ref.	Descrição sucinta	$U$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	Coefficiente de absorção
PVT1	Pavimento térreo em laje térrea de betão armado com malhassol e isolamento térmico XPS com 6 cm de espessura na face superior da laje.	0,30	-
PVE1	Pavimento exterior em laje de betão armado com 20 cm de espessura, com isolamento térmico EPS de 10 cm pelo exterior em sistema ETICS e 6 cm de isolamento térmico XPS na face superior da laje.	0,20	-
PVI1	Pavimento interior com garagem ( $b_{tr}=0,60$ ) e arrumo ( $b_{tr}=0,30$ ) em laje de betão armado com 20 cm de espessura e 6 cm de isolamento térmico XPS na face superior da laje.	0,43	-
PVI2	Pavimento interior com zona técnica ( $b_{tr}=0,10$ ) em laje de betão armado com 20 cm de espessura, com isolamento térmico EPS de 8 cm na face inferior da laje em sistema ETICS e 6 cm de isolamento térmico XPS na face superior da laje.	0,22	-

Ref.	Descrição sucinta	$U$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	Coefficiente de absorção
CBI1	Cobertura interior em contacto com ducto ( $b_{tr}=0,90$ ) em laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura e isolamento térmico na face superior da laje em lâ de rocha com 12 cm de espessura.	0,30	-
CBI2	Cobertura interior em contacto com ducto ( $b_{tr}=0,80$ ) em laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura e isolamento térmico na face superior da laje em lâ de rocha com 12 cm de espessura, e na face inferior com teto falso e lâ de rocha com 10 cm de espessura.	0,17	-
CBE1	Cobertura exterior plana em laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura e isolamento térmico na face superior da laje em XPS de 12 cm de espessura e proteção pesada em godo, e na face inferior com teto falso e lâ de rocha com 10 cm de espessura.	0,16	0,40
CBE2 <sup>17</sup>	Cobertura exterior plana em laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura e isolamento térmico na face superior da laje em XPS de 12 cm de espessura e proteção pesada em godo.	0,28	0,40
CBE3	Cobertura exterior plana em laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura e isolamento térmico na face superior da laje em XPS de 12 cm de espessura e proteção exterior em chapas metálicas sanduiche com 6 cm poliuretano, e na face inferior com teto falso e lâ de rocha com 10 cm de espessura.	0,13	0,40
CBE4	Cobertura exterior plana em laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura e isolamento térmico na face superior da laje em XPS de 12 cm de espessura e proteção exterior em chapas metálicas sanduiche com 6 cm poliuretano.	0,19	0,40
CBE5	Cobertura exterior inclinada em laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura e isolamento térmico na face superior da laje em XPS de 12 cm de espessura e proteção exterior em chapas metálicas sanduiche com 6 cm poliuretano.	0,19	0,40

### 6.5.3. Pontes Térmicas Lineares

A determinação do coeficiente de transmissão térmica linear ( $\psi$ ) das pontes térmicas lineares exteriores foi efetuada com recurso à aplicação online do ITeCons – Catálogo Online de Pontes Térmicas Lineares, já o valor de  $\psi$  para as pontes térmicas lineares da envolvente interior foi determinado com recurso aos valores indicados na Tabela 07 do Despacho n.º 15793-K/2013. A caracterização das pontes térmicas lineares exteriores é apresentada no Quadro 6.6.

<sup>17</sup> A cobertura CBE2 é o único elemento que não verifica o requisito mínimo de U, no entanto este elemento corresponde a apenas 5% da área de cobertura exterior. Refira-se que o valor de U encontra-se muito próximo do valor estipulado para requisito mínimo.

**Quadro 6.6: Caracterização das pontes térmicas lineares exteriores.**

Ref.	Tipo de Solução	Método	Comprimento (m)	$\Psi$ [W/m.°C]
PTLE1	Fachada com varanda	Catálogo	9,69	0,87
PTLE2	Fachada com varanda	Catálogo	2,85	0,36
PTLE3	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Catálogo	15,35	0,64
PTLE4	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Catálogo	3,6	0,53
PTLE5	Fachada com pavimentos térreos	Catálogo	5,6	0,58
PTLE6	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido com isolamento sobre o pavimento	Catálogo	75,5	0,27
PTLE7	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	25,45	0,16
PTLE8	Fachada com pavimento de nível intermédio	Catálogo	10,13	0,25
PTLE9	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Catálogo	66,48	0,34
PTLE10	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Catálogo	24,98	0,17
PTLE11	Zona de caixa de estores	Catálogo	31,25	0,89
PTLE12	Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	Catálogo	172,53	0,28

Foram contabilizadas as pontes térmicas lineares com espaços não úteis com  $b_{tr}$  superior a 0,70. A caracterização destas pontes térmicas é apresentada no Quadro 6.7.

**Quadro 6.7: Caracterização das pontes térmicas lineares da envolvente interior.**

Ref.	Tipo de Solução	ENU	$b_{tr}$	Método	Comprimento (m)	$\Psi$ [W/m.°C]
PTLI1	Fachada com pavimento de nível intermédio	Ducto 1	0,9	Valores Tabelados	3,00	0,6
PTLI2	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Ducto 1	0,9	Valores Tabelados	3,00	1,0
PTLI3	Fachada com pavimento de nível intermédio	Ducto 2	0,8	Valores Tabelados	5,00	0,6
PTLI4	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Ducto 2	0,8	Valores Tabelados	5,00	1,0
PTLI5	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Teto falso exterior Fachada Sul - Sala	1	Valores Tabelados	8,95	0,8



#### 6.5.4. Vãos Envidraçados

Foram identificados quatro tipos de vãos envidraçados diferentes no que respeita à proteção solar e ao seu valor de  $U$ . Para evitar fenómenos de sobreaquecimento dos espaços, optou-se pela colocação de dispositivos de proteção solar exteriores na maioria dos vãos envidraçados. Apesar da arquitetura não representar dispositivos de proteção solar em alguns vãos envidraçados, tornou-se necessário a colocação destes dispositivos através de uma solução de lona opaca exterior de cor clara nas situações mais desfavoráveis, e através de cortinas interiores opacas de cor clara nas situações mais favoráveis. Os quatro tipos de vãos envidraçados considerados são caracterizados no Quadro 6.8.

**Quadro 6.8: Caracterização dos vãos envidraçados exteriores.**

Ref.	Caixilharia	Classe Energética	Permeabilidade ao ar	Tipo de vidro	Tipo de Proteção	$g$	$g_T$	$U$ [W/m <sup>2</sup> .°C]
VE1	Simples vertical com corte térmico	A ( $U_W=2,00$ W/(m <sup>2</sup> .°C))	4	Duplo incolor com 8+16+6	Persiana de réguas de plástico (cor clara) preenchidas com espuma ( $\Delta R=0,13$ m <sup>2</sup> .°C)	0,52	0,04	1,80 <sup>18</sup>
VE2	Simples vertical com corte térmico	A ( $U_W=2,00$ W/(m <sup>2</sup> .°C))	4	Duplo incolor com 8+16+6	Cortina interior opaca de cor clara	0,52	0,26	2,00
VE3	Simples vertical com corte térmico	A ( $U_W=2,00$ W/(m <sup>2</sup> .°C))	4	Duplo incolor com 8+16+6	Lona opaca exterior de cor clara	0,52	0,04	2,00
VE4	Simples horizontal com corte térmico	A ( $U_W=2,00$ W/(m <sup>2</sup> .°C))	4	Duplo incolor com 8+16+6	Cortina interior opaca de cor clara	0,52	0,26	2,17

#### 6.6. DETERMINAÇÃO DA CLASSE DE INÉRCIA TÉRMICA

A classe de inércia térmica da fração de habitação em análise foi determinada seguindo a metodologia descrita no ponto 4.3. do presente documento.

<sup>18</sup> Este foi obtido de acordo com a metodologia de cálculo da Questão K4 do guia de Perguntas & Respostas da ADENE.

A arquitetura da moradia apresenta muitas zonas com teto falso em gesso cartonado (elemento de revestimento leve) e para otimizar as soluções construtivas, nomeadamente as coberturas exteriores, optou-se por propor a colocação de isolamento térmico em lã de rocha no espaço de ar confinado criado nestes tetos, diminuindo ainda mais o contributo destes elementos para a inércia térmica. Deste modo, e para se atingir a classe de inércia Forte, optou-se pela execução de paredes exteriores com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS, garantindo que toda a massa destes elementos contribuem para o aumento da inércia.

Relativamente aos pavimentos, foi considerado um sistema de climatização cuja distribuição será efetuada através de piso radiante com isolamento térmico, pelo que apenas 5 cm de espessura do pavimento contribui para a inércia térmica (4 cm de camada de proteção/assentamento e 1 cm de revestimento de piso). O contributo das paredes divisórias interiores foi fundamental para que se atingisse a classe de inércia Forte. Estes elementos não devem ser em materiais leves, pelo que se propôs uma solução de alvenaria simples de tijolo cerâmico furado 30x20x11 com massa de 96 kg/m<sup>2</sup> revestida em ambas as faces com 2 cm de estuque projetado.

O cálculo da inércia térmica é apresentado no Quadro 6.9.

**Quadro 6.9: Cálculo da Classe de Inércia Térmica.**

<i>Ref.</i>	<i>Área (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Massa total (kg/m<sup>2</sup>)</i>	<i>M<sub>si</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</i>	<i>r</i>	<i>A×M<sub>si</sub>×r (kg)</i>
<i>PDE1</i>	151,84	320	150	1	22776,00
<i>PDE2</i>	5,35	320	150	1	802,50
<i>PDE3</i>	18,10	320	150	1	2715,00
<i>PDE4</i>	1,10	9,75	9,75	1	10,73
<i>PTPPDE1</i>	11,71	695	150	1	1756,50
<i>PTPPDE2</i>	4,41	695	150	1	661,50
<i>PTPPDE3</i>	5,33	695	150	1	799,50
<i>PTPPDE4</i>	8,72	166	150	1	1308,00
<i>PDI1</i>	6,56	116	116	1	760,96
<i>PDI2</i>	13,08	320	150	1	1962,00
<i>PDI3</i>	18,56	9,75	9,75	1	180,96

<i>Ref.</i>	<i>Área (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Massa total (kg/m<sup>2</sup>)</i>	<i>M<sub>si</sub> (kg/m<sup>2</sup>)</i>	<i>r</i>	<i>A×M<sub>si</sub>×r (kg)</i>
<i>PDI4</i>	0,12	320	150	1	18,00
<i>PTPPDI1</i>	1,23	695	150	1	184,50
<i>VOI1</i>	3,76	2,50	2,50	1	9,40
<i>PVT1</i>	12,03	95	95	1	1142,85
<i>PVE1</i>	16,88	95	95	1	1603,60
<i>PVI1</i>	164,31	95	95	1	15609,45
<i>PVI2</i>	7,21	95	95	1	684,95
<i>CBE1</i>	2,29	9,75	9,75	1	22,33
<i>CBE2</i>	9,34	520	150	1	1401,00
<i>CBE3</i>	48,11	9,75	9,75	1	469,07
<i>CBE4</i>	93,75	520	150	1	14062,50
<i>CBE5</i>	50,71	520	150	1	7606,50
<i>CBI1</i>	3,85	520	150	1	577,50
<i>CBI2</i>	0,41	9,75	9,75	1	4,00
<i>Paredes Divisórias</i>	185,30	136	136	1	25201,07
<i>Pavimento intermédio (face inferior)</i>	38,44	9,75	9,75	1	374,79
<i>Pavimento intermédio (face superior)</i>	38,44	95	95	1	3651,80

De acordo com os valores apresentados no quadro anterior, obtém-se um valor de  $I_t$  de 415,99 kg/m<sup>2</sup> resultando numa classe de inércia térmica Forte.

## 6.7. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

As soluções construtivas altamente eficientes propostas para a moradia unifamiliar em análise aumentam consideravelmente a estanquidade da habitação, sobretudo devido à elevada classe de permeabilidade ao ar dos vãos envidraçados propostos e às elevadas espessuras de isolamento térmico das soluções construtivas da envolvente. Neste sentido, torna-se necessário a instalação de um sistema de ventilação eficiente que permita assegurar uma boa qualidade do ar interior e minimizar a ocorrência de patologias nos elementos

construtivos (fenómenos de condensação). Cada instalação sanitária deverá possuir um extrator que garanta um caudal médio de extração de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ , resultando num caudal total de extração de  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  (três instalações sanitárias). Os extratores a instalar devem possuir um sistema de recuperação de calor com rendimento não inferior a 75%. O consumo elétrico associado ao funcionamento dos extratores ( $W_{vm}$ ) estima-se em 788,40 kWh/ano.

O sistema de ventilação proposto consiste num sistema de ventilação mista com recurso a extratores de funcionamento contínuo a instalar nas instalações sanitárias. A insuflação deverá ser garantida com a instalação de grelhas autorreguláveis nas caixas de estores dos vãos envidraçados. Deverá prever-se a instalação de sete grelhas autorreguláveis a 2 Pa e caudal médio de insuflação de  $45 \text{ m}^3/\text{h}$ , resultando um caudal total de insuflação de  $315 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Nestas condições, a taxa de renovação do ar interior durante a estação de aquecimento é igual a  $0,56 \text{ h}^{-1}$  e durante a estação de arrefecimento de  $0,60 \text{ h}^{-1}$ , sendo a taxa de renovação nominal igual a  $0,45 \text{ h}^{-1}$ , obtida com recurso à Aplicação LNEC para a ventilação no âmbito do REH e RECS, versão 2.0a de 12/02/2014, desenvolvida pelo Eng. Armando Pinto do LNEC. O calculo das taxas de renovação do ar interior pode ser consultada no Anexo 3.

## 6.8.SISTEMAS TÉCNICOS DE APROVEITAMENTO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Todos os sistemas técnicos propostos para a moradia em análise são sistemas de aproveitamento de fontes de energias renováveis com a exceção do sistema de apoio ao sistema solar térmico para preparação de AQS. Os pontos seguintes fazem uma descrição dos sistemas técnicos propostos.

### 6.8.1. Bomba de Calor Aerotérmica

O sistema de climatização (aquecimento e arrefecimento) será efetuado com recurso a uma bomba de calor aerotérmica do tipo ar-água, interligada a circuitos hidráulicos distribuídos pela zona térmica da habitação através de sistema de piso radiante, permitindo o aquecimento e arrefecimento dos espaços.

A bomba de calor a instalar deverá ser altamente eficiente, com uma eficiência para aquecimento (COP) não inferior a 4,20 e não inferior a 4,50 para arrefecimento (EER).

O Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, através do Despacho 15793-H/2013, permite determinar a contribuição de energia renovável de sistemas deste tipo, devendo ser calculada em conformidade com o definido no Anexo VII da Diretiva 2009/28/CE, através da expressão 6.3 [101]:

$$E_{ren} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right) \quad (6.3)$$

$Q_{usable}$  – Total de calor utilizável estimado produzido por bombas de calor conformes aos critérios referidos no número 4 do artigo 5.º da Diretiva 2009/28/CE [kWh];

$SPF$  – Fator médio de desempenho sazonal estimado para as referidas bombas de calor, conforme a Diretiva 2009/28/CE.

O contributo de energia renovável do equipamento foi determinado com recurso ao software de cálculo SCE.ER – Quantificação do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de Energias Renováveis, versão 1.4 (buid 0) de 04/11/2016, desenvolvido pela DGEG, conforme representado na Figura 6.10.

The figure displays two side-by-side screenshots of the SCE.ER software interface, version 1.4.0, titled 'Bombas de Calor'. Both screenshots show a system configuration for a heating system in Alvites (Mirandela). The left screenshot shows a system with a need of 2,418 kWh and a renewable contribution of 1,602 kWh. The right screenshot shows a system with a need of 549 kWh and a renewable contribution of 691 kWh. The interface includes fields for system type, methodology, pump type, and calculated values for power, hours, and renewable energy contribution.

System Configuration	Need (kWh)	Renewable Contribution (kWh)
System in Alvites (Mirandela) Atendimento a: climatização Metodologia: valores predefinidos tipo de bomba: Elétrica permuta: Ar-Água subtipo: Aerotérmica SPF: 2,7 P: 1087 W H <sub>ap</sub> : 1170 horas (máximo) Q <sub>usable</sub> : 1 272 kWh	2 418 kWh	1 602 kWh
System in Alvites (Mirandela) Atendimento a: climatização Metodologia: valores predefinidos tipo de bomba: Elétrica permuta: Ar-Água subtipo: Aerotérmica SPF: 2,7 P: 961 W H <sub>ap</sub> : 1170 horas (máximo) Q <sub>usable</sub> : 1 124 kWh	549 kWh	691 kWh

**Figura 6.10: Determinação do contributo de energia renovável da bomba de calor através de software SCE.ER da DGEG.**

Do exposto, o contributo de energia renovável do equipamento será de 801 kWh/ano para aquecimento e de 346 kWh/ano para arrefecimento.

## 6.8.2. Recuperador de Calor

A arquitetura da habitação em análise possui a representação de uma lareira instalada na sala comum do piso 0. De modo a otimizar recursos é aconselhável a instalação neste local de um recuperador de calor a combustível sólido do tipo lenha (biomassa – fonte de energia de origem renovável). O equipamento a instalar deverá apresentar uma eficiência igual ou

superior a 75%. A sua instalação permitirá servir a fração em 20% da sua área útil, resultando num contributo energético de 3368,88 kWh/ano (valor determinado usando a metodologia apresentada no ponto 5.3 deste documento).

---

#### 6.8.3. Sistema Solar Térmico para preparação de AQS

O sistema solar térmico a instalar deverá ser do tipo circulação forçada, composto por três coletores solares planos com área total de abertura de 7,28 m<sup>2</sup>. Os coletores devem ser instalados na cobertura exterior da habitação, sobre suporte metálico com uma inclinação de 35° com o plano horizontal, com orientação a Sul. A bateria de coletores deverá estar associada a um depósito de acumulação com capacidade de 300 litros.

O contributo energético do sistema solar térmico é de 2954 kWh/ano, obtido com recurso ao software de cálculo SCE.ER da DGEG. O cálculo do  $E_{ren}$  deste sistema é apresentado no Anexo 4 e foi efetuado considerando uma marca comercial de coletores solares disponíveis no mercado.

As necessidades energéticas para preparação de águas quentes sanitárias serão maioritariamente satisfeitas pelo sistema solar térmico a instalar, sendo o sistema de apoio um termoacumulador elétrico com potência de 2 kW e uma capacidade de acumulação de 300 litros. A eficiência do equipamento deverá ser igual ou superior a 95% e as perdas estáticas não devem ultrapassar o valor de 3,83 kWh/24h. Para minimizar as perdas térmicas, a rede de distribuição de água quente deverá possuir isolamento térmico com espessura não inferior a 10 mm e os chuveiros a instalar deverão possuir rótulo com etiqueta energética A ou superior.

---

#### 6.8.4. Sistema Solar Fotovoltaico

Prevê-se que a moradia unifamiliar em análise seja implantada num local sem grandes obstruções no horizonte e com boa exposição solar. Neste sentido, propõe-se a instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo composto por doze módulos de montagem fixa, com potência nominal de 1,2 kW. Os módulos devem ser instalados na cobertura do edifício, sobre suporte metálico com inclinação de 35° com o plano horizontal, com orientação a Sul. A produção energética do sistema estima-se em 1751 kWh/ano, sendo que a parcela de autoconsumo corresponde apenas de 328 kWh/ano (valor correspondente ao  $E_{ren}$ ), a restante energia será fornecida à rede.

Assumiu-se, para efeitos de cálculo do balanço energético que apenas 50% do valor do  $E_{ren}$  será usado para cobrir as necessidades energéticas de aquecimento (40%) e arrefecimento (10%), os restantes 50% serão usados nos consumos de iluminação e equipamentos domésticos (frigoríficos, TVs, etc.).

O cálculo do  $E_{ren}$  deste sistema obtido com recurso ao software de cálculo SCE.ER da DGEG é apresentado no Anexo 5 e foi efetuado considerando uma marca comercial de coletores solares disponíveis no mercado.

#### 6.8.5. Sistema Eólico

A moradia em análise possui uma área de terreno que permite a instalação de um mini aerogerador. Neste sentido, propõe-se a instalação de um aerogerador para autoconsumo, por exemplo uma turbina de eixo horizontal do tipo Evance R9000 (ou equivalente) com potência nominal de 4,95 kW. Para efeitos de cálculo da produção energética foram consideradas 500 horas de tempo equivalente de funcionamento à potência nominal (NEPs). Nestas condições prevê-se uma produção energética anual de 2475 kWh, sendo que a parcela para autoconsumo ( $E_{ren}$ ) será de 1481 kWh/ano os restantes 994 kWh/ano serão injetados na rede.

À semelhança do sistema solar fotovoltaico, assumiu-se para efeitos de cálculo do balanço energético, que apenas 50% do valor do  $E_{ren}$  será usado para cobrir as necessidades energéticas de aquecimento (40%) e arrefecimento (10%), os restantes 50% serão usados nos consumos de iluminação e equipamentos domésticos. A Figura 6.11 apresenta o cálculo do valor de  $E_{ren}$  do sistema eólico a instalar.

Micro-turbina eólica	
<b>Recurso eólico</b> Alvites (Mirandela) local não monitorizado tempo equivalente de funcionamento à potência nominal (NEPs): 500 horas (sem monitorização)	<b>Instalação</b> turbina: Evance R9000 potência nominal: 4 950 W regime: autoconsumo <b>Desempenho</b> Necessidades: 1 481 kWh Produção: 2 475 kWh para injectar na RESP » 994 kWh autoconsumo (máximo)* » 1 481 kWh ( $E_{ren}$ )

Figura 6.11: Determinação do contributo de energia renovável do sistema eólico através de software SCE.ER da DGEG.

O cálculo do  $E_{ren}$  deste sistema obtido com recurso ao software de cálculo SCE.ER da DGEG.

## 6.9. RESULTADOS

De acordo com o exposto nos pontos anteriores, os resultados obtidos satisfazem as exigências de projeto, podendo afirmar-se que a moradia em análise é ou está muito próxima da definição NZEB.

O Quadro 6.10 apresenta os principais indicadores obtidos para a estação de aquecimento.

**Quadro 6.10: Indicadores na estação de aquecimento – Coeficientes de Transferência de Calor.**

<i>Coeficiente de Transferência de Calor (W/°C)</i>		
<b>Paredes</b>	Exterior – $H_{ext}$	44,02
	Interior – $H_{enu,adj}$	8,90
<b>Pontes Térmicas Planas</b>	Exterior – $H_{ext}$	11,54
	Interior – $H_{enu,adj}$	0,43
<b>Pontes Térmicas Lineares</b>	Exterior – $H_{ext}$	154,40
	Interior – $H_{enu,adj}$	17,88
<b>Portas</b>	Exterior – $H_{ext}$	2,81
	Interior – $H_{enu,adj}$	4,44
<b>Coberturas</b>	Exterior – $H_{ext}$	36,68
	Interior – $H_{enu,adj}$	1,10
<b>Pavimentos</b>	Exterior – $H_{ext}$	3,38
	Interior – $H_{enu,adj}$	42,87
	Solo – $H_{ecs}$	3,60
<b>Vãos envidraçados</b>	Exterior – $H_{ext}$	152,39
<b>Renovação de ar</b>	Ventilação – $H_{ve}$	125,90

Analisando os resultados do quadro anterior conclui-se que a maior percentagem de perdas térmicas acontece nos vãos envidraçados, cerca de 35%, seguida do sistema de ventilação onde as perdas térmicas são de 29%. De toda a envolvente (exterior e interior), os elementos opacos são aqueles que representam maior área, por este motivo é possível comprovar a



qualidade térmica destes elementos, uma vez que, a percentagem de perdas associada corresponde a apenas 51% (paredes e portas – 16%; coberturas – 9%; pavimentos – 11%).

Apesar da percentagem perdas associadas à ventilação ser elevada, esta tem um papel importante na prevenção do sobreaquecimento dos espaços durante a estação de arrefecimento.

Relativamente aos indicadores obtidos para a estação de arrefecimento, estes são apresentados no Quadro 6.11.

**Quadro 6.11: Indicadores na estação de arrefecimento – Ganhos Térmicos.**

<i>Ganhos Térmicos (kW)</i>		
<b>Paredes</b>	Radiação solar incidente – $Q_{sol,v,Ext}$	358,34
<b>Portas</b>	Radiação solar incidente – $Q_{sol,v,Ext}$	8,91
<b>Coberturas</b>	Radiação solar incidente – $Q_{sol,v,Ext}$	445,75
<b>Vãos envidraçados</b>	Radiação solar incidente – $Q_{sol,v,Ext}$	3554,20
<b>Ganhos internos</b>	Fontes internas de calor – $Q_{int,v}$	2994,41

Previsivelmente, a maior percentagem de ganhos térmicos ocorre através da radiação incidente nos vãos envidraçados, correspondendo a 48% da totalidade dos ganhos térmicos. A percentagem de ganhos internos devido a fontes internas de calor (presença de pessoas, equipamentos e dispositivos de iluminação), representa 41% da totalidade de ganhos. Os ganhos internos são calculados, de acordo com o Despacho 15793-I/2013, considerando 4 W/m<sup>2</sup> de ganhos internos médios por unidade de superfície.

Os indicadores de desempenho são apresentados no Quadro 6.12.

**Quadro 6.12: Indicadores de Desempenho.**

	<i>Valor do Edifício (kWh/m<sup>2</sup>.ano)</i>	<i>Energia Renovável (%)</i>
<b>Aquecimento</b>	22,59	84,73
<b>Arrefecimento</b>	2,16	95,64
<b>AQS</b>	12,61	91,66

A percentagem de energia renovável usada para aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias é superior aos 80% exigidos nos requisitos de projeto.

Finalmente, os indicadores energéticos obtidos para a fração em análise são apresentados no Quadro 6.13.

**Quadro 6.13: Indicadores Energéticos.**

<i>Sigla</i>	<i>Designação</i>	<i>Valor</i>
$N_{ic}$	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	49,41
$N_{vc}$	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	9,70
$Q_a$	Energia útil para preparação de águas quentes sanitárias (kWh/ano)	3209,00
$W_{vm}$	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	788,40
$E_{ren}$	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	12149,00
$E_{ren,ext}$	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	904,00
$N_{tc}$	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	19,19

Analisando os resultados apresentados no quadro anterior conclui-se que os indicadores de aquecimento e arrefecimento encontram-se abaixo dos requisitos mínimos exigidos para a moradia em análise, o valor de  $N_{ic}$  (49,41 kWh/m<sup>2</sup>.ano) é inferior ao valor de 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano e o valor de  $N_{vc}$  (9,70 kWh/m<sup>2</sup>.ano) é inferior ao valor de 10 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Relativamente às necessidades de energia primária obteve-se um valor de  $N_{tc}$  de 19,19 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.ano que é inferior a 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.ano.

Na globalidade a energia proveniente de fontes renováveis representa cerca de 81% da energia necessária para satisfazer as necessidades energéticas do edifício em análise, superando os 80% exigidos como requisito mínimo. As emissões de CO<sub>2</sub> estimadas para o edifício são 0,71 toneladas por ano, valor inferior a 0,75 toneladas anuais definidas como limite máximo de emissões de CO<sub>2</sub>.

A classe<sup>19</sup> de eficiência energética obtida para a fração em análise foi A+, para um valor de R de 0,16.

As folhas de cálculo usadas para o balanço energético da habitação em análise encontram-se apresentadas no Anexo 6.

<sup>19</sup> A classe de eficiência energética da fração em análise foi determinada considerando os valores de referência apresentados no Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto juntamente com as suas novas redações.

O Anexo 7 apresenta o Pré-Certificado Energético, sem validade legal, tendo sido elaborado pelo autor do presente documento no Portal online da ADENE reservado para Peritos Qualificados do SCE. Este Pré-Certificado foi elaborado exclusivamente para o estudo apresentado neste documento.



# CAPÍTULO 7

## CONCLUSÕES



## 7. CONCLUSÕES

O fenómeno das alterações climáticas provocado pela emissão de GEE é uma realidade inegável, tornando-se necessário criar medidas políticas que reduzam (ou eliminem) o consumo de combustíveis fósseis responsáveis por este grave problema atual. A redução do consumo deste tipo de combustíveis minimiza o fenómeno do aquecimento global, mas também permite reduzir a dependência energética dos países. Os últimos anos têm sido ricos em ideias e políticas que visam a sua redução.

O setor dos edifícios é responsável por cerca de 39% da totalidade dos consumos de energia final na UE a 28 países, apresentando um enorme potencial para a diminuição da dependência energética e consequentemente a diminuição das emissões de GEE. Neste sentido, a UE lançou várias Diretivas Comunitárias para o setor dos edifícios e energias renováveis, que culminaram com a publicação da EPBD RECAST (Diretiva 2010/31/EU). Esta Diretiva introduziu o conceito de edifícios de energia quase nula (NZEB). A definição de NZEB que consta na EPBD RECAST tem um significado teórico simples de compreender, no entanto, em termos práticos poderá ser de difícil implementação. Estas dificuldades consistem em: definir o limite numérico de necessidades energéticas do edifício, ou seja, qual será o valor a ser considerado como próximo de zero; definir qual a percentagem de energia proveniente de fontes renováveis para suprir as baixas necessidades energéticas do edifício; e definir o raio de distancia mínimo para as proximidades, no que diz respeito à produção deste tipo de energia.

Devido às dificuldades mencionadas, verificou-se que até ao final de 2015, apenas 11 dos 28 países EM e duas regiões da Bélgica elaboraram uma definição NZEB que compreende uma meta numérica para o uso de energia primária e consideração de quota para as energias renováveis de uma forma quantitativa ou qualitativa.

Todavia, e apesar de Portugal ainda não possuir uma definição quantitativa de NZEB, foram introduzidos requisitos mínimos para o valor de  $U$  dos elementos da envolvente do edifício e a obrigatoriedade de parte da energia necessária para a preparação de águas quentes sanitárias ser proveniente de fontes renováveis com a transposição da EPBD RECAST para o nosso país.

A conceção dos edifícios deverá ser efetuada, em primeiro lugar, diminuindo ao máximo as necessidades energéticas convergindo para valores nulos, e aqui surge a primeira dúvida:

como definir os requisitos e os limites para um elevado desempenho energético e contabilizar a contribuição das fontes de energia renováveis para este equilíbrio? Os requisitos e os limites para um elevado desempenho energético deverão ser muito próximos dos valores apresentados no ponto 6.1 do presente documento. No que diz respeito à produção de energia a partir de fontes de origem renovável, deverá premiar-se os edifícios com produção própria (autoconsumo), satisfazendo no mínimo 80% das necessidades energéticas. Nestas condições poderá afirmar-se que estamos perante um NZEB.

Requisitos ambiciosos para o desempenho energético dos edifícios são um meio eficaz para promover a inovação e conseguir uma redução significativa das emissões de GEE e o uso de energia, contribuindo para a independência energética da UE. O uso de soluções construtivas mais eficientes do ponto de vista energético, o recurso a sistemas técnicos de elevada eficiência e que consigam efetuar o aproveitamento de energias renováveis é fundamental para se atingir o conceito NZEB.

O caso prático apresentado mostrou que para se atingir elevados níveis de eficiência energética é necessário que as soluções construtivas possuam grandes espessuras de isolamento térmico e os sistemas técnicos recorram a fontes de energia renovável. Para que o edifício em estudo seja considerado NZEB, foram definidos os limites quantitativos para os valores de necessidades energéticas que possam ser considerados viáveis para se atingir este patamar. Estes limites foram definidos com base no relatório *Concerted Action Energy Performance of Buildings – Implementing of EPBD in Portugal* apresentado pelo nosso país à UE e nas várias definições de NZEB aprovadas em alguns EM. Neste sentido, estipulou-se que as necessidades de energia para aquecimento não deveriam ser superiores a 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano, as necessidades de energia para arrefecimento não deveriam ser superiores a 10 kWh/m<sup>2</sup>.ano, as necessidades de energia primária não ultrapassassem os 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup> e estas necessidades fossem supridas no mínimo em 80% por fontes de energia renovável.

Analisando os resultados obtidos conclui-se que os indicadores de aquecimento e arrefecimento se encontram abaixo dos limites quantitativos estipulados para a moradia estudada, o valor de  $N_{ic}$  (49,41 kWh/m<sup>2</sup>.ano) é inferior ao valor de 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano e o valor de  $N_{vc}$  (9,70 kWh/m<sup>2</sup>.ano) é inferior ao valor de 10 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Relativamente às necessidades de energia primária obteve-se um valor de  $N_{tc}$  de 19,19 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.ano que é inferior a 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.ano.



Na globalidade a energia proveniente de fontes renováveis representa cerca de 81% da energia necessária para satisfazer as necessidades energéticas do edifício analisado, superando os 80% exigidos como requisito mínimo. As emissões de CO<sub>2</sub> estimadas para o edifício são de 0,71 toneladas por ano, valor inferior a 0,75 toneladas anuais definidas como limite máximo de emissões de CO<sub>2</sub>.

A classe de eficiência energética obtida para a moradia foi A+, para um valor de R de 0,16, indo de encontro ao exposto no ponto 3.3 da presente Dissertação (Definição NZEB em Portugal).

Tendo em conta o abrandamento do mercado da construção nova e o potencial de melhoria energética dos edifícios existentes, torna-se necessário estimular a reabilitação energética do edificado existente. Para tal, a criação de políticas e incentivos financeiros à reabilitação poderá ser um enorme estímulo à poupança energética e por consequente à redução da dependência energética do nosso país e da UE.

Para o futuro propõe-se a extensão do conceito NZEB ao edificado existente e ainda ao setor dos edifícios de comércio e serviços. Outra proposta de estudo poderá passar pela análise do ciclo de vida útil dos materiais usados, dos sistemas técnicos a instalar bem como do próprio edifício, sendo esta análise determinante para definir o nível ótimo de rentabilidade económica e consequentemente definir os requisitos de qualidade térmica da envolvente, os limites das necessidades energéticas e ainda qual a parcela de renováveis a usar.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agência Europeia do Ambiente, Alterações Climáticas, Copenhaga Dinamarca, 2008.
- [2] TORGAL, F. P.; JALADI. (2010) *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*. TecMinho 2ª Edição, Vila Verde.
- [3] Conferência de Estocolmo (1972); *Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano*. 21ª Reunião Plenária; Capítulo 11.
- [4] GONÇALVES, C.; ADENE (2015); *Eficiência Energética nos Edifícios e Adaptação às Alterações Climáticas – AdaPT AC: Método para integração da adaptação às Alterações Climáticas no Setor do Turismo*. LNEC, Lisboa.
- [5] Decreto n.º 7/2002 de 25 de março.
- [6] Comissão Europeia (2014); *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho: Eficiência energética e a sua contribuição para a segurança energética e o quadro político para o clima e a energia para 2030*; Bruxelas.
- [7] Framework Convention on Climate Change; United Nations (2015); *Conference of the Parties, Twenty-first session; Adoption of the paris Agreement*; Paris.
- [8] BCSD Portugal – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (2015); *O Potencial Económico da Eficiência Energética; Ação 7 – Demonstrar o valor gerado por projetos de eficiência energética*.
- [9] Comissão Europeia (2013); *Relatório da Comissão ao parlamento Europeu e ao Conselho – Progressos dos Estados-Membros na via para edifícios com necessidades quase nulas de energia*; Bruxelas (2013).
- [10] DGEG (2015) Direção Geral de Energia e Geologia; Governo de Portugal – Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia; *Energia em Portugal 2013*.
- [11] Bernardo, J. C. (2013); DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia; Governo de Portugal – Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia; Política Energética Nacional – Desafios para 2020; Seminário “Estratégias para a Sustentabilidade Energética e Ambiental dos Territórios; Palmela, 29 de novembro de 2013.

[12] SAVE (1993); Diretiva 93/76/CEE do Conselho de 13 de setembro de 1993 relativo à limitação das emissões de dióxido de carbono através do aumento da eficácia energética; Bruxelas (1993).

[13] EPBD (2002) Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios; Bruxelas (2002);

[14] Decreto-Lei n.º 251/2015 de 25 de novembro.

[15] Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de abril de 2009 relativa à promoção de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE; Bruxelas (2009).

[16] Diretiva 2009/125/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de outubro de 2009 relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia; Bruxelas (2009).

[17] Diretiva 2010/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010 relativa à introdução do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos; Bruxelas (2010).

[18] EPBD RECAST (2010) Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios; Bruxelas (2010).

[19] Regulamento Delegado (UE) N.º 244/2012 da Comissão de 16 de janeiro de 2012 que complementa a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho; Bruxelas (2012).

[20] IteCons (2016); Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção; *Curso para Projetistas e novos Peritos Qualificados do SCE – Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (DL n.º 118/2013)*; 05/04/2016 a 15/04/2016; Coimbra.

[21] Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012 relativa à eficiência energética; Bruxelas (2012).

[22] Cambridge Econometrics (2015); *Assessing the Employment and Social Impact of Energy Efficiency - Final report - Volume 1: Main report*; Cambridge; novembro de 2015.

- [23] Decreto-Lei n.º 40/90 de 6 de fevereiro de 1990 – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).
- [24] Decreto-Lei n.º 118/98 de 7 de maio de 1998 – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).
- [25] Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de abril.
- [26] Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de abril – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).
- [27] Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de abril – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).
- [28] Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto.
- [29] Wever, S. (2015); *Eficiência Energética em Portugal*; Energuia, Guia de Eficiência Energética nos Edifícios; 9ª Edição; maio de 2015.
- [30] <https://www.publico.pt/ciencia/noticia/bruxelas-considera-portugal-um-dos-melhores-da-europa-no-processo-de-certificacao-energetica-1358107>; consultado em 15 de março de 2016;
- [31] Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013;
- [32] <http://www.adene.pt/certificacao-energetica-de-edificios>; consultada em 12 de maio de 2016;
- [33] DGEG; Direção Geral de Energia e Geologia; *National plan for increasing the number of nearly zero-energy buildings in Portugal*.
- [34] WWW.ADENE.pt, consultado em 12 de maio de 2016;
- [35] Clímaco, N. (2015); *Reabilitação, Eficiência e Certificação Energética*; Energuia, Guia de Eficiência Energética nos Edifícios; 9ª Edição; maio de 2015.
- [36] FEE (2015); Fundo de Eficiência Energética; *Aviso 10 – Edifício Eficiente 2015; Aviso para a Apresentação de Candidatura ao Fundo de Eficiência Energética*.
- [37] Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro.
- [38] Portaria n.º 57-B/2015 de 27 de fevereiro.

- [39] Maldonado, E. (2012). *EU Roadmap towards NZEBs. Net Zero-Energy Buildings Conference* (p. 15). Lisboa.
- [40] Copenhagen Economics; *Multiple Benefits of Investing in Energy Efficient Renovation of Buildings – Revealing the economic benefits for society and public finances in the EU*; Renovate Europe (2012).
- [41] BPIE – *Buildings Performance Institute Europe; Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe* (2015);
- [42] [www.eurostat.com](http://www.eurostat.com); consultado em 4 de maio de 2016;
- [43] Mateus, P.; CA EPBD; *Concerted Action Energy Performance of Buildings; 2016 Implementing e Energy Performance of Buildins Directive – Featuring Country Reports*; Lisboa (2015);
- [44] Fragoso, R.; Mateus, P.; ADENE; *Concerted Action Energy Performance of Buildings; Implementing of EPBD in Portugal – Status in December 2014*; Lisboa (2015);
- [45] Govaert, M.; Knipping, G.; Mortejan, Y.; Rouard, J. H.; Squilbin, M.; Brussels Environment (IBGE); *Concerted Action Energy Performance of Buildings; Implementing of EPBD in Belgium – Brussels Capital Region – Status in December 2014*; Lisboa (2015);
- [46] [www.egreengroup.com](http://www.egreengroup.com); consultado em 26 de agosto de 2016;
- [47] [www.passivhaus.pt](http://www.passivhaus.pt); consultado em 26 de agosto de 2016;
- [48] JOUE; Jornal Oficial da União Europeia; *Orientações que acompanham o Regulamento Delegado (UE) n.º 244/2012 da Comissão, de 16 de janeiro de 2012 – informações IV*; abril, 2012;
- [49] Pensar Sustentável – Edifícios e Energia (edição de janeiro/fevereiro de 2013)
- [50] H. Gonçalves, J. Graça; *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*; INETI, 2004;
- [51] C. A. P. Santos, L. Matias; *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, Versão atualizada 2006*; ICT Informação Técnica; Edifícios – ITE50; LNEC; lisboa; 2007;



- [52] J. Mascarenhas; *Sistemas de Construção, IX – Contributos para o Cumprimento do RCCTE, Detalhes Construtivos sem Pontes Térmicas, Materiais Básicos (6ª Parte): o Betão*; Livros Horizonte; 2ª Edição; Lisboa; novembro de 2008;
- [53] F. Simões; *Revestimento de Paredes e Isolamento Térmico – Isolamento e Inércia*; Construção Magazine, N.º 32; Porto; agosto de 2009;
- [54] [www.amorimisolamentos.com/vantagens/inercia-termica](http://www.amorimisolamentos.com/vantagens/inercia-termica); consultado em 23 de setembro de 2016
- [55] A. M. Raimundo, A. D. Mateus, Dep. De Eng. Mecânica, FCTUC, Universidade de Coimbra; *Soluções Construtivas: Influência da Inércia Térmica nos Consumos de Energia*; Dossier Ecoeficiência; Revista Materiais de Construção, Ed. N.º 153; janeiro de 2011;
- [56] I. Simões, N. Simões, A. Tadeu; Estudo Comparativo do Atraso Térmico de “Isolamento Térmico”; Dossier Materiais de Renovação e Reabilitação; Revista Materiais de Construção, Ed. N.º 157; julho de 2011;
- [57] ADENE; *10 Soluções de Eficiência Energética: Saiba mais sobre Isolamento de Paredes*; Lisboa; 2016;
- [58] APFAC; *Patologias de Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior do tipo ETICS*; Relatório – LFC-IC-282A-2014; Porto, 2014.
- [59] R. Horta; *Construção sustentável de edifícios de balanço energético quase zero*; Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- [60] C. P. Santos; *Evolução das Soluções de Paredes Face a 80vas Exigências Regulamentares*; Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Lisboa, 2007.
- [61] <https://engenhariacivil.wordpress.com/2008/01/>; consultado em 28 de setembro de 2016;
- [62] Construlink; *Dossier Técnico e Económico: Fachadas Ventiladas*; Ficha Técnica; outubro de 2006;
- [63] <http://www.cipagres.it/per-professionisti/pareti-ventilate/?lang=es>; consultado em 28 de setembro de 2016;

- [64] D. Tilley, J. Price, S. Matt e B. Marrow; *Final Report to Green Roofs for Healthy Cities – Green Walls Group; Vegetated Walls: Thermal and Growth Properties of Structured Green Facades*; University of Maryland, 2012;
- [65] <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/quai-branly-museum>; consultado em 1 de outubro de 2016;
- [66] P. Vasconcelos; *Fachadas verdes técnicas de aplicação no contexto dos espaços urbanos*; Dissertação de Mestrado; Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro; 2012;
- [67] <https://ecotelhado.com/brise-vegetal-na-fachada-de-predios-reduz-consumo-de-energia/>; consultado em 1 de outubro de 2016;
- [68] <http://pt.slideshare.net/construcaosustentavel/joo-venceslau-intemper>; consultado em 1 de outubro de 2016;
- [69] ADENE; *10 Soluções de Eficiência Energética: Saiba mais sobre Isolamento de Coberturas*; Lisboa; 2016;
- [70] L. Tirone; *Coberturas eficientes – Guia para a reabilitação energético-ambiental do edificado*; Adene; 2011;
- [71] J. Mascarenhas; *Sistemas de Construção, IV – Coberturas Planas, Juntas; Materiais Básicos (2ª parte): Materiais Ferrosos e Alumínio*; Livros Horizonte; Lisboa; novembro de 2003;
- [72] I. Jaffal; S. Ouldboukhitine; R. Belarbi; *A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance*; Elsevier; 2011;
- [73] <http://www.sotecnisol.pt/coberturas-e-fachadas/sistemas/sicop-jardim/sicop-jardim-sistema-integral-de-cobertura-plana-ajardinada/sicop-jardim-sistema-integral-de-cobertura-plana-ajardinada/>; consultado em 1 de outubro de 2016;
- [74] Saint-Gobain Glass; *Manual do Vidro*; Edição 2000; Santa Iria de Azoia; 2000;
- [75] ADENE; *10 Soluções de Eficiência Energética: Saiba mais sobre Janelas Eficientes*; Lisboa; 2016;
- [76] <https://www.seep.pt/pt-PT/Particulares/Paginas/par-janelas.aspx>; consultado em 1 de outubro de 2016;

- [77] ADENE; *10 Soluções de Eficiência Energética: Saiba mais sobre Sistemas de Ventilação*; Lisboa; 2016;
- [78] C. Pinto; J. Catarino; M. Correia; P. Leite; *Projeto FEUP – Energia Solar*; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
- [79] <http://www.eatglobe.pt/news/climate/1456-israel-s-largest-solar-tower.html>; consultado em 2 de outubro de 2016;
- [80] <http://www.solarweb.net/termosolar.php>; consultado em 2 de outubro de 2016;
- [81] <http://me1065.wikidot.com/solar-stirling-engine>; consultado em 2 de outubro de 2016;
- [82] <http://www.climatetechwiki.org/technology/csp>; consultado em 2 de outubro de 2016;
- [83] <http://solarindustrymag.com/flabeg-to-help-integrate-csp-with-natural-gas-plant>; consultado em 2 de outubro de 2016;
- [84] <http://www.paineissolaresfotovoltaicos.com/como-funcionam-os-paineis-solares-termicos/>; consultado em 3 de outubro de 2016;
- [85] <http://www.paineissolaresfotovoltaicos.com/como-funcionam-os-paineis-solares-fotovoltaicos/>; consultado em 4 de outubro de 2016;
- [86] <http://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituintes-de-paineis-solares/>; consultado em 4 de outubro de 2016;
- [87] <http://www.sunenergy.pt/particulares/auto-consumo/>; consultado em 4 de outubro de 2016;
- [88] [http://www.solarproject.pt/?page\\_id=35#content-tab-1-0-tab](http://www.solarproject.pt/?page_id=35#content-tab-1-0-tab); consultado em 4 de outubro de 2016;
- [89] <http://www.fotovoltaicosulweb.it/guida/mini-eolico-domestico-tanti-vantaggi-e-incentivi.html>; consultado em 8 de outubro de 2016;
- [90] <http://www.geralforum.com/board/showthread.php/608628-a-nova-geracao-de-turbinas-eolicas>; consultado em 8 de outubro de 2016;
- [91] [http://energiasrenovaveis.com/Area.asp?ID\\_area=3](http://energiasrenovaveis.com/Area.asp?ID_area=3); consultado em 8 de outubro de 2016;
- [92] <http://www.aerogeradores.pt/>; consultado em 8 de outubro de 2016;

[93]

[http://energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID\\_conteudo=1&ID\\_area=2&ID\\_sub\\_area=2](http://energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=1&ID_area=2&ID_sub_area=2); consultado em 8 de outubro de 2016;

[94] <http://www.ei.lehigh.edu/learners/cc/carboncycle1.html>; consultado em 8 de outubro de 2016;

[95] <http://www.itecons.uc.pt/p3e/>; consultado em 20 de outubro de 2016;

[96] Pinto, A.; *Aplicação LNEC para a ventilação no âmbito do REH e RECS*. Lisboa, LNEC, 2014. V2.0a, 2014-02-12;

[97] <http://www.dgeg.pt>; consultado em 14 de novembro de 2016;

[98] <http://www.artebel.pt>; consultado em 14 de novembro de 2016;

[99] ADENE; DGEG; *Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) – Perguntas & Respostas*; Versão 0; Lisboa; maio de 2015;

[100] <http://www.itecons.uc.pt/catalogoptl/>; consultado em 14 de novembro de 2016;

[101] Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013;

[102] <http://www.solarwaters.pt>; consultado em 15 de novembro de 2016;

[103] [http://www.solzaima.pt/pdfs/Solzaima\\_PT.pdf](http://www.solzaima.pt/pdfs/Solzaima_PT.pdf); consultado em 15 de novembro de 2016;

[104] [http://www.windup.pt/resources/EVANCE\\_Especificacoes\\_PT.pdf](http://www.windup.pt/resources/EVANCE_Especificacoes_PT.pdf); consultado em 15 de novembro de 2016;

[105] Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013;

**ANEXOS**



## ANEXOS

### ANEXO 1 – TABELA COM A VISÃO DE CADA PAÍS NA UE28 DOS PRINCIPAIS ASPETOS RELACIONADOS COM AS DEFINIÇÕES NACIONAIS NZEB

Fonte: BPIE – *Buildings Performance Institute Europe; Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe* (2015).

Legenda da Tabela:

- ✓ – Definição incluída num documento oficial (legislação);
- ✗ – Sem definição disponível; ND – Sem dados;

#### Outros indicadores:

CO<sub>2</sub> – Emissões de carbono; EP – Desempenho da envolvente; OH – Indicador de sobreaquecimento; TS – Desempenho dos sistemas técnicos;

[1] Para edifícios de habitação, a EPBD tem em conta os seguintes requisitos energéticos: aquecimento, arrefecimento, água quente sanitária, ar condicionado e, para edifícios não habitacionais a iluminação também é considerada;

[2] Depende do edifício de referência;

[3] Depende da localização;

[4] Requisitos dependentes das medidas de RES adotadas;

[5] Consumo máximo de energia primária definido como a percentagem de energia primária consumida no edifício de referência.;

[6] Sem arrefecimento para edifícios residenciais;

[7] O consumo de energia dos aparelhos elétricos está incluído na definição (tanto para edifícios habitacionais como para edifícios não habitacionais);

[8] No Plano Nacional NZEB, BBC / "*Bâtiments Basse consommation*" (edifícios que cumprem com o regulamento térmico 2012) são definidos como edifícios com um consumo de energia perto de zero, mas prevê-se que os edifícios serão edifícios a energia positiva a partir de 2020

[9] Além de Inglaterra, as metas para os outros países do Reino Unido são diferentes e deverão ser revistas. A Irlanda do Norte está a tentar promover a meta do governo do Reino Unido em que todas as novas habitações devem chegar a um padrão de carbono zero até 2016.



País	Estado da definição	Principais referências	Ano de aplicação		Definição de NZEB para novos edifícios					Definição de NZEB para edifícios existentes			
					EPBD no âmbito da definição de NZEB [1]	Indicador numérico	Energia primária máxima [kWh/m²y]		Quota de energias renováveis	Outros indicadores	Estado da definição	Energia primária máxima [kWh/m²y]	
			Público	Privado			Edifícios habitacionais	Edifícios não habitacionais				Edifícios habitacionais	Edifícios não habitacionais
Áustria	✓	OIB Diretrizes 6	01/01/2019	01/01/2021	✓ [7]	✓	160	170 (a partir de 2021)	Quota mínima proposta nas diretivas do projeto OIB para todos os edifícios	EP, CO <sub>2</sub>	✓	200	250 (a partir de 2021)
Bélgica - Bruxelas	✓	Decreto alterado de 21/12/2007	01/01/2015	01/01/2015	✓	✓	45	~95 [2]	✓ Qualitativa	EP, OH	✓	54	~108 [2]
Bélgica - Flanders	✓	Regulamento de 29/11/2013	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	30% PE [5]	40% PE [5]	✓ Quantitativa [4]	EP, OH	Em desenvolvimento		
Bélgica - Wallonia	-	Em desenvolvimento	Relatório consolidado para EC	01/01/2019	01/01/2019	✓	Em desenvolvimento		Quantitativa	EP	Em desenvolvimento		
Bulgária	-	Ainda a ser aprovado	Plano nacional NZEB, estudo BPIE	01/01/2019	01/01/2021	✓	Ainda a ser aprovado	~30-50 Incluído no cálculo; edifício tem de estar em conformidade com a classe A	~40-60	Quantitativa	EP	Relativamente aos novos edifícios	~30-50 Incluído no cálculo; edifício tem de estar em conformidade com a classe A
Croácia	✓	Regulamento OG 97/14, Plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	33-41 [3]	Em desenvolvimento	Quota mínima presente nos requisitos para todos os edifícios	EP	ND		
Chipre	✓	Decreto 366/2014, Lei 210(I)/2012	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	100	125	✓ Quantitativa	EP	✓ Relativamente aos novos edifícios	100	125
Dinamarca	✓	Regulamentos de construção de 2010	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	20	25	✓ Qualitativa	EP, OH, TS	✓ Relativamente aos novos edifícios	20	25
Eslováquia	✓	Decreto 364/2012	01/01/2019	01/01/2021	✗ [6]	✓	32-54 [2]	34-96 [2]	✓ Quantitativa	EP	ND		
Eslovénia	-	Ainda a ser aprovado	Jornal Oficial 17/14, Plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	Ainda a ser aprovado	45-50 [2]	70	Em desenvolvimento	EP	Ainda a ser aprovado	70-90 [2] 100
Espanha	-	Em desenvolvimento	Decreto 235/2013	01/01/2019	01/01/2021	✓	Em desenvolvimento	Incluído no cálculo; edifício tem de estar em conformidade com a classe A	Quota mínima presente nos requisitos para todos os edifícios	CO <sub>2</sub> (indicador principal)	Em desenvolvimento		

## NZEB - Nearly Zero Energy Building

País	Estado da definição	Principais referências	Ano de aplicação		Definição de NZEB para novos edifícios					Definição de NZEB para edifícios existentes			
					EPBD no âmbito da definição de NZEB [1]	Indicador numérico	Energia primária máxima [kWh/m²y]		Quota de energias renováveis	Outros indicadores	Estado da definição	Energia primária máxima [kWh/m²y]	
			Público	Privado			Edifícios habitacionais	Edifícios não habitacionais				Edifícios habitacionais	Edifícios não habitacionais
<b>Estónia</b>	✓	Regulamento 68:2012	01/01/2019	01/01/2021	✓ [7]	✓	50-100 [2]	90-270 [2]	✓ Qualitativa		✗		
<b>Finlândia</b>	Em desenvolvimento	Relatório consolidado para EC	01/01/2018	01/01/2021	✓ [7]	ND			ND		ND		
<b>França</b>	Definição de edifícios de energia positiva sob desenvolvimento [8]	Regulamento técnico 2012, plano nacional NZEB	28/10/2011	01/01/2013	✓	✓	40-65 [2,3]	70-110 [2,3]	✓ Quantitativa [4]	EP, OH, TS	✓	80 [3]	60% PE [2]
<b>Alemanha</b>	Em desenvolvimento	Eficiência da casa KfW, plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	Em desenvolvimento	40% PE [5]		Quota mínima presente nos requisitos para todos os edifícios	EP	Em desenvolvimento	55% PE [5]	
<b>Grécia</b>	Em desenvolvimento	Lei 4122/2013	01/01/2019	01/01/2021	ND	ND			Quota mínima presente nos requisitos para todos os edifícios		Em desenvolvimento		
<b>Hungria</b>	Em desenvolvimento	Decreto alterado 7/2006, estudo realizado pela Universidade de Debrecen	01/01/2019	01/01/2021	✓	Em desenvolvimento	50-72 [2]	60-115 [2]	✓ Quantitativa	EP	Em desenvolvimento		
<b>Irlanda</b>	✓	Projeto definição no Plano Nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	45	~60% PE [5]	✓ Quantitativa [4]	CO <sub>2</sub>	Em desenvolvimento	75-150	
<b>Itália</b>	Ainda a ser aprovado (em publicação)	Projeto do novo decreto EPBD	01/01/2019	01/01/2021	✓	Ainda a ser aprovado	Incluída na próxima versão atualizada do Plano Nacional NZEB [2,3]		Quantitativa	EP, TS	✓ Relativamente aos novos edifícios	Incluída na próxima versão atualizada do Plano Nacional NZEB [2,3]	
<b>Letónia</b>	✓	Regulamento 383/2013	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	95	95	✓ Quantitativa	EP	✓ Relativamente aos novos edifícios	95	95
<b>Lituânia</b>	✓	Regulamento STR 2.01.09:2012	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	Incluído no cálculo; edifício tem de estar em conformidade com a classe A++		✓ Quantitativa	EP	✓ Relativamente aos novos edifícios	Incluído no cálculo; edifício tem de estar em conformidade com a classe A++	

País	Estado da definição	Principais referências	Definição de NZEB para novos edifícios						Definição de NZEB para edifícios existentes				
			Ano de aplicação		EPBD no âmbito da definição de NZEB [1]	Indicador numérico	Energia primária máxima [kWh/m²y]		Quota de energias renováveis	Outros indicadores	Estado da definição	Energia primária máxima [kWh/m²y]	
			Público	Privado			Edifícios habitacionais	Edifícios não habitacionais				Edifícios habitacionais	Edifícios não habitacionais
<b>Luxemburgo</b>	✓ Detalhes a serem fixados	Plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✗ [6]	✓	Incluído no cálculo; edifício tem de estar em conformidade com a classe A-A-A		✓ Qualitativa	EP, CO <sub>2</sub>	ND		
<b>Malta</b>	Em desenvolvimento	Plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	Valores atuais em revisão	40	60	Qualitativa	EP	ND		
<b>Holanda</b>	✓	Plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	Incluído no cálculo; edifício tem de estar em conformidade com o coeficiente de desempenho energético = 0		✗	EP	ND		
<b>Noruega</b>	Em desenvolvimento	Apresentação pelo Centro de Investigação em Edifícios de Emissão Zero	01/01/2021	01/01/2021	✓	Em desenvolvimento			Quota mínima presente nos requisitos para todos os edifícios	CO <sub>2</sub> (indicador principal), EP, TS	ND		
<b>Polónia</b>	Em desenvolvimento	Relatório consolidado para EC	01/01/2019	01/01/2021	✓	Em desenvolvimento	60-75 [2]	45-70 [2]	✗		ND		
<b>Portugal</b>	Em desenvolvimento	Lei 118/2013	01/01/2019	01/01/2021	✓	Nos requisitos atuais de edifícios			✗		ND		
<b>Reino Unido (Inglaterra)</b>	✓ Detalhes a serem fixados	Plano nacional NZEB, apresentação pelo Zero Carbon Hub	01/01/2018 (a partir de 2016 para edifícios de habitação)	01/01/2019 (a partir de 2016 para edifícios de habitação)	✓	✓	~44 (2)	ND	✓ Qualitativa	CO <sub>2</sub> (indicador principal), EP, TS	ND		
<b>República Checa</b>	✓	Regulamento 78/2013 Coll.	2016-2018 Dependendo do tamanho	2016-2018 Dependendo do tamanho	✓	✓	75-80% [2,5]	90% [4]	✓ Quantitativa	EP, TS	✓ Relativamente aos novos edifícios	75-80% [2,5]	90% [5]
<b>Roménia</b>	✓	Plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	✓	93-217 [2,3]	50-192 [2,3]	✓ Quantitativa	CO <sub>2</sub>	ND		
<b>Suécia</b>	Em desenvolvimento	Plano nacional NZEB	01/01/2019	01/01/2021	✓	Em desenvolvimento	30-75 [2,3]	30-105 [2,3]	✗		ND		

## ANEXO 2 – FICHAS DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DA ENVOLVENTE OPACA

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:																																																			
ENVOLVENTE:	Exterior					PDE1																																																			
ELEMENTO:	Parede exterior																																																								
DESCRIÇÃO:	Parede exterior em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 42,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, pintado à cor clara (coeficiente de absorção=0,4) e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W).																																																								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO: <div style="text-align: center;"> </div>																																																									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Camada</th> <th rowspan="2">Descrição da camada</th> <th rowspan="2">Massa vol. aparente seca [kg/m<sup>3</sup>]</th> <th rowspan="2">Espessura d, [m]</th> <th rowspan="2">Condução térmica λ, [W/(m·°C)]</th> <th colspan="2">Fluxo horizontal</th> </tr> <tr> <th>Resistência Térmica R, [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> <th>Resistência Térmica R, [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Estuque projetado</td> <td>900-1200</td> <td>0,020</td> <td>0,430</td> <td></td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Bloco térmico BTE30</td> <td>1000</td> <td>0,300</td> <td></td> <td>1,050</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Isolamento térmico EPS</td> <td>&gt;20</td> <td>0,100</td> <td>0,037</td> <td></td> <td>2,703</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Acabamento exterior</td> <td>1800</td> <td>0,005</td> <td>1,300</td> <td></td> <td>0,004</td> </tr> <tr> <td colspan="6"></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">Espessura total, em metros:</td> <td>0,425</td> <td></td> <td>Σ Rj =</td> <td>3,803</td> </tr> </tbody> </table>							Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Fluxo horizontal		Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430		0,047	2	Bloco térmico BTE30	1000	0,300		1,050	1,050	3	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703	4	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004							0,000	Espessura total, em metros:			0,425		Σ Rj =	3,803
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Fluxo horizontal																																																				
					Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]																																																			
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430		0,047																																																			
2	Bloco térmico BTE30	1000	0,300		1,050	1,050																																																			
3	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703																																																			
4	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004																																																			
						0,000																																																			
Espessura total, em metros:			0,425		Σ Rj =	3,803																																																			
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">Rsi =</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0,13</td> </tr> <tr> <td>Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td style="text-align: right;">Rse =</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">0,04</td> </tr> </table>							Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Rsi =	0,13	Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Rse =	0,04																																													
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Rsi =	0,13																																																							
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Rse =	0,04																																																							
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%; text-align: right;">Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b>, em [W/(m<sup>2</sup>·°C)]:</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">0,25</td> </tr> </table>							Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	0,25																																																	
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	0,25																																																								
QUADRO DE ÁREAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Orientação:</th> <th>N</th> <th>S</th> <th>E</th> <th>W</th> <th>SE</th> <th>SW</th> <th>NE</th> <th>NW</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Área, em [m<sup>2</sup>]:</td> <td>16,65</td> <td>0,38</td> <td>83,33</td> <td>51,48</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>151,84</td> </tr> </tbody> </table>							Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL	Área, em [m <sup>2</sup> ]:	16,65	0,38	83,33	51,48	0,00	0,00	0,00	0,00	151,84																															
Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL																																																
Área, em [m <sup>2</sup> ]:	16,65	0,38	83,33	51,48	0,00	0,00	0,00	0,00	151,84																																																
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidos directamente na publicação do LNEC ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.																																																									

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:				
ENVOLVENTE:	Exterior					PTPDE1				
ELEMENTO:	Ponte térmica plana exterior									
DESCRIÇÃO:	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/falão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, com 42,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de 0,30 W/(m <sup>2</sup> ·°C/W), constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); forra térmica com 5 cm de espessura (R=0,29 m <sup>2</sup> ·°C/W); elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura (R=0,125 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento final exterior em reboco de gesso armado com rede de fibra de vidro, cor clara (coeficiente de absorção=0,4) e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W).									
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:										
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup>										
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]				
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430		0,047				
2	Forra térmica	1000	0,050		0,290	0,290				
3	Elemento estrutural em betão armado	2500	0,250	2,000		0,125				
4	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703				
5	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004				
						0,000				
			<i>Espessura total, em metros:</i>	0,425	<b>Σ Rj = 3,168</b>					
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup>										
Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						<b>R<sub>si</sub> = 0,13</b>				
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						<b>R<sub>se</sub> = 0,04</b>				
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup>										
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						<b>0,30</b>				
QUADRO DE ÁREAS:										
	Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL
	Área, em [m <sup>2</sup> ]:	1,17	0,00	6,46	4,08	0,00	0,00	0,00	0,00	11,71
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão $R=d/\lambda$ , recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), obtidos da publicação do LNEC ITES0, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. No s termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC ITES0. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R <sub>si</sub> e R <sub>se</sub> ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: $U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_j + R_{se})$ , de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.										

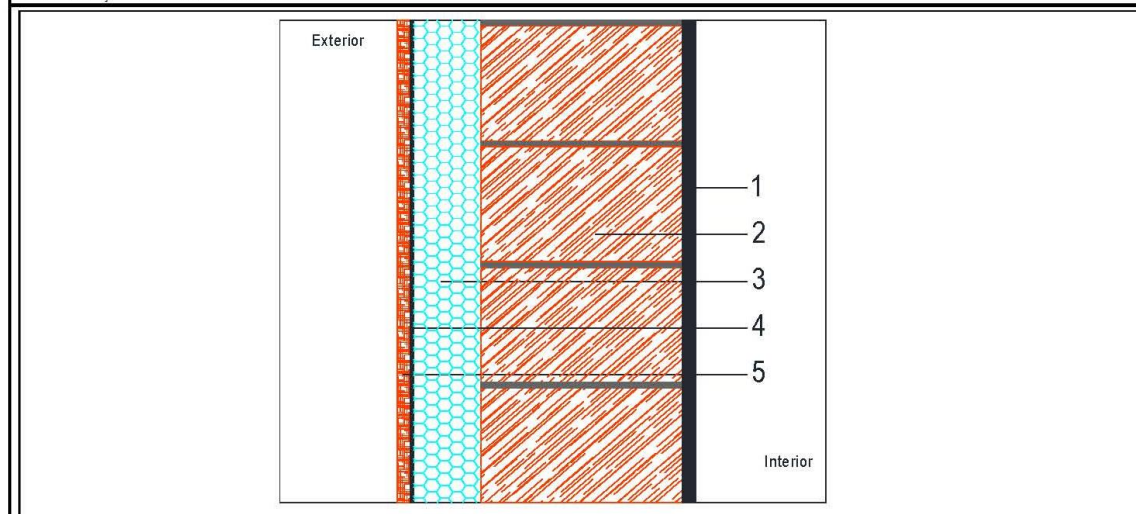
FICHA DE ELEMENTO				ELEMENTO TIPO:																																																																	
ENVOLVENTE:	Exterior			PDE2																																																																	
ELEMENTO:	Parede exterior																																																																				
DESCRIÇÃO:	Parede exterior em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS em fachada ventilada, com espessura total de 49,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m <sup>2</sup> .°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> .°C/W); plano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m <sup>2</sup> .°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> .°C/W); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> .°C/W); espaço de ar ventilado; revestimento exterior em régua de madeira maciça IPÊ de cor escura (coeficiente de absorção=0,8).																																																																				
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO: <div style="text-align: center;"> </div>																																																																					
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Camada</th> <th rowspan="2">Descrição da camada</th> <th rowspan="2">Massa vol. aparente seca [kg/m<sup>3</sup>]</th> <th rowspan="2">Espessura d, [m]</th> <th rowspan="2">Condut. térmica λ, [W/(m.°C)]</th> <th colspan="2">Fluxo horizontal</th> </tr> <tr> <th>Resistência Térmica R, [m<sup>2</sup>.°C/W]</th> <th>Resistência Térmica R, [m<sup>2</sup>.°C/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Estuque projetado</td> <td>800-1200</td> <td>0,020</td> <td>0,430</td> <td></td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Bloco térmico BTE30</td> <td>1000</td> <td>0,300</td> <td></td> <td>1,050</td> <td>1,050</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Isolamento térmico EPS</td> <td>&gt;20</td> <td>0,100</td> <td>0,037</td> <td></td> <td>2,703</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Acabamento exterior</td> <td>1800</td> <td>0,005</td> <td>1,300</td> <td></td> <td>0,004</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Espaço de ar ventilado</td> <td></td> <td>0,050</td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Régua de madeira maciça de IPÊ</td> <td></td> <td>0,020</td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Espessura total, em metros:</td> <td>0,495</td> <td></td> <td>Σ Rj =</td> <td>3,803</td> </tr> </tbody> </table>					Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m.°C)]	Fluxo horizontal		Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> .°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> .°C/W]	1	Estuque projetado	800-1200	0,020	0,430		0,047	2	Bloco térmico BTE30	1000	0,300		1,050	1,050	3	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703	4	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004	5	Espaço de ar ventilado		0,050			0,000	6	Régua de madeira maciça de IPÊ		0,020			0,000							0,000	Espessura total, em metros:			0,495		Σ Rj =	3,803
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m.°C)]						Fluxo horizontal																																																											
					Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> .°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> .°C/W]																																																															
1	Estuque projetado	800-1200	0,020	0,430		0,047																																																															
2	Bloco térmico BTE30	1000	0,300		1,050	1,050																																																															
3	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703																																																															
4	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004																																																															
5	Espaço de ar ventilado		0,050			0,000																																																															
6	Régua de madeira maciça de IPÊ		0,020			0,000																																																															
						0,000																																																															
Espessura total, em metros:			0,495		Σ Rj =	3,803																																																															
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Fluxo horizontal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistência térmica superficial interior, Rsi, em [m<sup>2</sup>.°C/W]</td> <td>Rsi = 0,13</td> </tr> <tr> <td>Resistência térmica superficial exterior, Rse, em [m<sup>2</sup>.°C/W]</td> <td>Rse = 0,13</td> </tr> </tbody> </table>					Fluxo horizontal		Resistência térmica superficial interior, Rsi, em [m <sup>2</sup> .°C/W]	Rsi = 0,13	Resistência térmica superficial exterior, Rse, em [m <sup>2</sup> .°C/W]	Rse = 0,13																																																											
Fluxo horizontal																																																																					
Resistência térmica superficial interior, Rsi, em [m <sup>2</sup> .°C/W]	Rsi = 0,13																																																																				
Resistência térmica superficial exterior, Rse, em [m <sup>2</sup> .°C/W]	Rse = 0,13																																																																				
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Fluxo horizontal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coefficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m<sup>2</sup>.°C)]:</td> <td>0,25</td> </tr> </tbody> </table>					Fluxo horizontal	Coefficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m <sup>2</sup> .°C)]:	0,25																																																														
Fluxo horizontal																																																																					
Coefficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m <sup>2</sup> .°C)]:	0,25																																																																				
QUADRO DE ÁREAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Orientação:</th> <th>N</th> <th>S</th> <th>E</th> <th>W</th> <th>SE</th> <th>SW</th> <th>NE</th> <th>NW</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Área, em [m<sup>2</sup>]:</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>5,35</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>5,35</td> </tr> </tbody> </table>					Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL	Área, em [m <sup>2</sup> ]:	0,00	0,00	5,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,35																																													
Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL																																																												
Área, em [m <sup>2</sup> ]:	0,00	0,00	5,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,35																																																												
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. No termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.																																																																					



FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	Exterior					PTPPDE2
ELEMENTO:	Ponte térmica plana exterior					
DESCRIÇÃO:	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, e fachada ventilada, com 48,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de 0,29 W/(m <sup>2</sup> ·°C/W), constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); forra térmica com 5 cm de espessura (R=0,29 m <sup>2</sup> ·°C/W); elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura (R=0,125 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W); espaço de ar ventilado; revestimento exterior em régua de madeira maciça IPE de cor escura (coeficiente de absorção=0,8).					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup>						
						Fluxo horizontal
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430		0,047
2	Forra térmica	1000	0,050		0,290	0,290
3	Elemento estrutural em betão armado	2500	0,250	2,000		0,125
4	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703
5	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004
6	Espaço de ar ventilado		0,050			0,000
7	Régua de madeira maciça de IPE		0,020			0,000
			Espessura total, em metros:	0,495	Σ Rj =	3,168
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup>						
Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo horizontal
						R <sub>si</sub> = 0,13
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						R <sub>se</sub> = 0,13
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup>						
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						Fluxo horizontal
						0,29
QUADRO DE ÁREAS:						
Orientação:	N	S	E	W	SE	SW
Área, em [m <sup>2</sup> ]:	0,00	0,00	4,41	0,00	0,00	0,00
						TOTAL
						4,41
Notas:						
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. No termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.						
(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R <sub>si</sub> e R <sub>se</sub> ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).						
(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (R <sub>si</sub> + ΣRj + R <sub>se</sub> ), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.						

FICHA DE ELEMENTO		ELEMENTO TIPO:	
ENVOLVENTE:	Exterior	PDE3	
ELEMENTO:	Parede exterior		
DESCRIÇÃO:	Parede exterior em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 44,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W); revestimento exterior em material cerâmico vermelho flamejado com 2 cm de espessura (R=0,015 m <sup>2</sup> ·°C/W) de cor média (coeficiente de absorção=0,5).		

## REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO

RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS<sup>(1)</sup>

Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal
						Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]
1	Estuque projetado	800-1200	0,020	0,430		0,047
2	Bloco térmico BTE30	1000	0,300		1,050	1,050
3	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703
4	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004
5	Revestimento exterior em material cerâmico vermelho flamejado	2300	0,020	1,300		0,015
						0,000
Espessura total, em metros			0,445		Σ R <sub>j</sub> =	3,818

RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS<sup>(2)</sup>

Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal
	R <sub>si</sub> = 0,13
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	R <sub>se</sub> = 0,04

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL<sup>(3)</sup>

Fluxo horizontal
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]: 0,25

## QUADRO DE ÁREAS:

Orientação	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL
Área, em [m <sup>2</sup> ]:	6,31	7,67	0,00	4,12	0,00	0,00	0,00	0,00	18,10

## Notas:

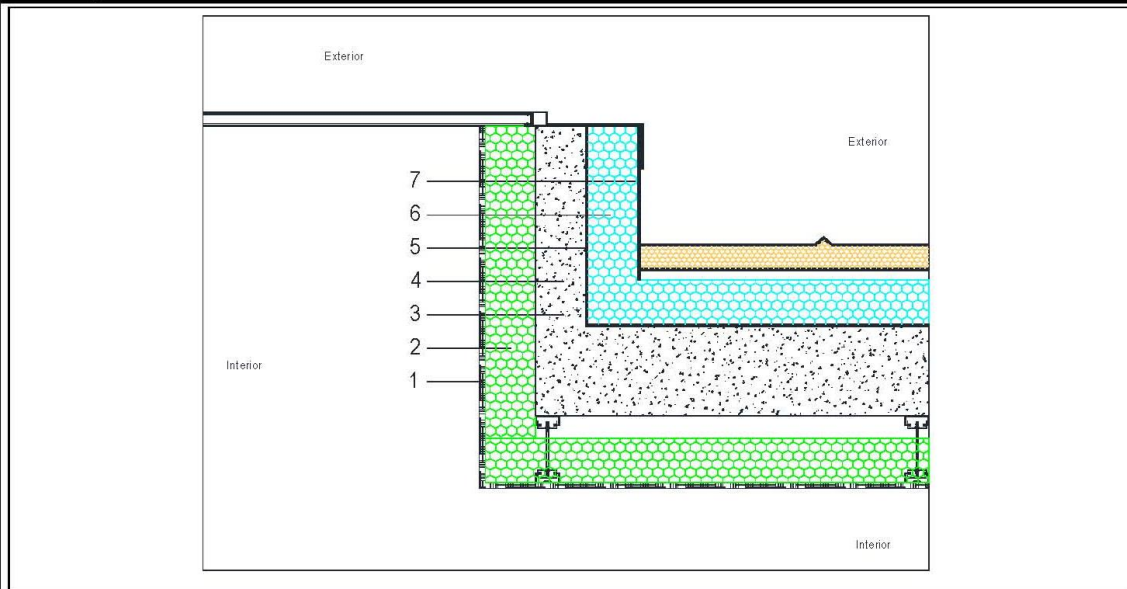
- (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão ( $R=d/\lambda$ ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica ( $R$ ) foram obtidos directamente na publicação do LNEC: ITE50.
- (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais ( $R_{si}$  e  $R_{se}$ ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).
- (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão:  $U = 1 / (R_{si} + \Sigma R + R_{se})$ , de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.



FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:																																																																	
ENVOLVENTE:	Exterior					PTPPDE3																																																																	
ELEMENTO:	Ponte térmica plana exterior																																																																						
DESCRIÇÃO:	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, com 44,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de 0,30 W/(m <sup>2</sup> ·°C/W), constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); forra térmica com 5 cm de espessura (R=0,29 m <sup>2</sup> ·°C/W); elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura (R=0,125 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W); revestimento exterior em material cerâmico vermelho flamejado com 2 cm de espessura (R=0,015 m <sup>2</sup> ·°C/W) de cor média (coeficiente de absorção=0,5).																																																																						
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>																																																																							
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Camada</th> <th rowspan="2">Descrição da camada</th> <th rowspan="2">Massa vol. aparente seca [kg/m<sup>3</sup>]</th> <th rowspan="2">Espessura d, [m]</th> <th rowspan="2">Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]</th> <th colspan="2">Fluxo horizontal</th> </tr> <tr> <th>Resistência Térmica R, [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> <th>Resistência Térmica R, [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Estuque projetado</td> <td>800-1200</td> <td>0,020</td> <td>0,430</td> <td></td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Forra térmica</td> <td>1000</td> <td>0,050</td> <td></td> <td>0,290</td> <td>0,290</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Elemento estrutural em betão armado</td> <td>2500</td> <td>0,250</td> <td>2,000</td> <td></td> <td>0,125</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Isolamento térmico EPS</td> <td>&gt;20</td> <td>0,100</td> <td>0,037</td> <td></td> <td>2,703</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Acabamento exterior</td> <td>1800</td> <td>0,005</td> <td>1,300</td> <td></td> <td>0,004</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Revestimento extior em material cerâmico vermelho flamejado</td> <td>2300</td> <td>0,020</td> <td>1,300</td> <td></td> <td>0,015</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">Espessura total, em metros:</td> <td>0,445</td> <td></td> <td>Σ Rj =</td> <td>3,163</td> </tr> </tbody> </table>							Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Fluxo horizontal		Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	1	Estuque projetado	800-1200	0,020	0,430		0,047	2	Forra térmica	1000	0,050		0,290	0,290	3	Elemento estrutural em betão armado	2500	0,250	2,000		0,125	4	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703	5	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004	6	Revestimento extior em material cerâmico vermelho flamejado	2300	0,020	1,300		0,015							0,000	Espessura total, em metros:			0,445		Σ Rj =	3,163
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Fluxo horizontal																																																																		
					Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]																																																																	
1	Estuque projetado	800-1200	0,020	0,430		0,047																																																																	
2	Forra térmica	1000	0,050		0,290	0,290																																																																	
3	Elemento estrutural em betão armado	2500	0,250	2,000		0,125																																																																	
4	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703																																																																	
5	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004																																																																	
6	Revestimento extior em material cerâmico vermelho flamejado	2300	0,020	1,300		0,015																																																																	
						0,000																																																																	
Espessura total, em metros:			0,445		Σ Rj =	3,163																																																																	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Fluxo horizontal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td></td> <td>Rsi = 0,13</td> </tr> <tr> <td>Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td></td> <td>Rse = 0,04</td> </tr> </tbody> </table>									Fluxo horizontal	Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Rsi = 0,13	Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Rse = 0,04																																																								
		Fluxo horizontal																																																																					
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Rsi = 0,13																																																																					
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Rse = 0,04																																																																					
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fluxo horizontal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b>, em [W/(m<sup>2</sup>·°C)]:</td> <td>0,30</td> </tr> </tbody> </table>								Fluxo horizontal	Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	0,30																																																													
	Fluxo horizontal																																																																						
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	0,30																																																																						
QUADRO DE ÁREAS <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Orientação:</th> <th>N</th> <th>S</th> <th>E</th> <th>W</th> <th>SE</th> <th>SW</th> <th>NE</th> <th>NW</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Área, em [m<sup>2</sup>]:</td> <td>1,84</td> <td>2,99</td> <td>0,00</td> <td>0,50</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>5,33</td> </tr> </tbody> </table>							Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL	Área, em [m <sup>2</sup> ]:	1,84	2,99	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,33																																													
Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL																																																														
Área, em [m <sup>2</sup> ]:	1,84	2,99	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	5,33																																																														
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidos directamente na publicação do LNEC ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela D1 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.																																																																							

FICHA DE ELEMENTO		ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	Exterior	PDE4
ELEMENTO:	Parede exterior	
DESCRIÇÃO:	Parede exterior na zona da claraboia, com isolamento térmico pelo interior e pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 32,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,18 W/(m².°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m².°C/W); lâ de rocha 70 kg/m³ com 10 cm de espessura (R=2,50 m².°C/W); elemento de betão armado com 10 cm de espessura (R=0,05 m².°C/W); sistema de impermeabilização (R=0,022 m².°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m².°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, pintado à cor clara (coeficiente de absorção=0,4) e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m².°C/W).	

## REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO

RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS<sup>(1)</sup>

Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal
						Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]
1	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250		0,052
2	Lã de Rocha	70	0,100	0,040		2,500
3	Elemento em betão armado	2500	0,100	2,000		0,050
4	Sistema de impermeabilização		0,005	0,230		0,022
5	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037		2,703
6	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300		0,004
						0,000
Espessura total, em metros:			0,323		Σ R <sub>t</sub> =	5,330

RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS<sup>(2)</sup>

Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	R <sub>si</sub> = 0,13
	R <sub>se</sub> = 0,04

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL<sup>(3)</sup>

Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	Fluxo horizontal
	0,18

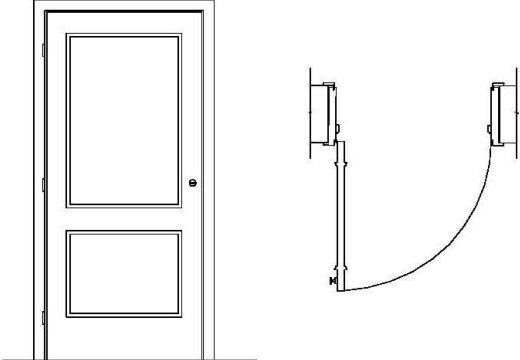
## QUADRO DE ÁREAS:

Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL
Área, em [m <sup>2</sup> ]:	0,36	0,36	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10

## Notas:

- (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão  $R=d/\lambda$ , recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. No termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.
- (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R<sub>si</sub> e R<sub>se</sub>) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).
- (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão:  $U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_t + R_{se})$ , de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:			
ENVOLVENTE:	Exterior					PTPPDE4			
ELEMENTO:	Ponte térmica plana - caixa de estores								
DESCRIÇÃO:	Ponte térmica plana exterior em caixas de estore com 15 cm de espessura, com isolamento térmico no interior da caixa e coeficiente de transmissão térmica de 0,59 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); forra térmica com 5 cm de espessura (R=0,29 m <sup>2</sup> ·°C/W); caixa de estores pré-fabricada em betão com 4 cm de espessura (R=0,020 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm (R=1,081 m <sup>2</sup> ·°C/W).								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup>									
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>2</sup> ]	Espessura d, [m]	Conduct. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]			
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430	0,047	0,047			
2	Forra térmica	1000	0,050	0,290	0,290	0,290			
3	Caixa de estore pré-fabricado em betão	2400	0,040	2,000	0,020	0,020			
4	Isolamento térmico XPS	25-40	0,040	0,037	1,081	1,081			
			Espessura total, em metros:	0,150	Σ Rj =	1,438			
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup>									
Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo horizontal <b>R<sub>si</sub></b> = 0,13			
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo horizontal <b>R<sub>se</sub></b> = 0,13			
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup>									
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						Fluxo horizontal <b>U</b> = 0,59			
QUADRO DE ÁREAS:									
Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL
Área, em [m <sup>2</sup> ]:	3,49	4,02	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	8,72
<p><small>Notas:</small></p> <p>(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão <math>(R=d/\lambda)</math>, recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (<math>\lambda</math>), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidos directamente na publicação do LNEC: ITE50.</p> <p>(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R<sub>si</sub> e R<sub>se</sub>) foram obtidos a partir da Tabela D1 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 116/2013).</p> <p>(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: <math>U = 1 / (R_{si} + 2R_j + R_{se})</math>, de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.</p>									

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:				
ENVOLVENTE:	Sem requisitos - Exterior					VOE1				
ELEMENTO:	Vão opaco									
DESCRIÇÃO:	Porta exterior metálica de cor clara (coeficiente de absorção=0,4) com 4 cm de isolamento térmico em placas de espuma rígida de poliuretano entre paramentos metálicos. O coeficiente de transmissão térmica da porta é de 0,85 W/(m².°C).									
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:										
										
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :										
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m³]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m.°C)]	Resistência Térmica R, [m².°C/W]	Fluxo horizontal				
1	Alumínio	2700	0,005	230,000		Resistência Térmica R, [m².°C/W]				
2	Espuma rígida de poliuretano	20-50	0,040	0,040						
3	Alumínio	2700	0,005	230,000						
							0,000			
							0,000			
							0,000			
							0,000			
Espessura total, em metros:			0,050			Σ Rj =	1,000			
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :										
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m².°C/W]						Fluxo horizontal				
						Rsi =	0,13			
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m².°C/W]						Rse =				
						0,04				
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :										
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m².°C)]:						Fluxo horizontal				
						0,85				
QUADRO DE ÁREAS:										
	Orientação:	N	S	E	W	SE	SW	NE	NW	TOTAL
	Área, em [m²]:	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31
<p><small>Notas:</small></p> <p>(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão <math>R=d/\lambda</math>, recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (<math>\lambda</math>), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (<math>R</math>) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.</p> <p>(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (<math>R_{si}</math> e <math>R_{se}</math>) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).</p> <p>(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: <math>U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_j + R_{se})</math>, de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.</p>										

FICHA DE ELEMENTO <small>(Ficha sugerida, não incluída no REH)</small>		ELEMENTO TIPO:																																												
ENVOLVENTE:	Interior	PDI1																																												
ELEMENTO:	Parede interior																																													
DESCRIÇÃO:	Parede interior em contacto com espaço não útil (garagem do piso -1 com btr=0,60) com isolamento térmico na face do espaço não útil, com espessura total de 20,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,47 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); pano de alvenaria simples em tijolo cerâmico furado 30x20x11 (R=0,27 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em lâ de rocha de 70 kg/m <sup>3</sup> com 6 cm de espessura (R=1,50 m <sup>2</sup> ·°C/W); placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m <sup>2</sup> ·°C/W).																																													
<b>REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:</b> <div style="text-align: center;"> </div>																																														
<b>RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS<sup>(1)</sup>:</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Camada</th> <th rowspan="2">Descrição da camada</th> <th rowspan="2">Massa vol aparente seca [kg/m<sup>3</sup>]</th> <th rowspan="2">Espessura d, [m]</th> <th rowspan="2">Conduct. térmica <math>\lambda</math>, [W/(m·°C)]</th> <th colspan="2">Fluxo horizontal</th> </tr> <tr> <th>Resistência Térmica <math>R_i</math>, [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> <th>Resistência Térmica <math>R</math>, [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Estuque projetado</td> <td>900-1200</td> <td>0,020</td> <td>0,430</td> <td></td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Tijolo 30x20x11</td> <td>1200</td> <td>0,110</td> <td></td> <td>0,270</td> <td>0,270</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Lã de Rocha 70 kg/m<sup>3</sup></td> <td>30-100</td> <td>0,060</td> <td>0,040</td> <td></td> <td>1,500</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Placa de gesso cartonado</td> <td>750</td> <td>0,013</td> <td>0,250</td> <td></td> <td>0,052</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td><i>Espessura total, em metros:</i></td> <td>0,203</td> <td><math>\Sigma R_j =</math></td> <td>1,869</td> </tr> </tbody> </table>			Camada	Descrição da camada	Massa vol aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Conduct. térmica $\lambda$ , [W/(m·°C)]	Fluxo horizontal		Resistência Térmica $R_i$ , [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica $R$ , [m <sup>2</sup> ·°C/W]	1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430		0,047	2	Tijolo 30x20x11	1200	0,110		0,270	0,270	3	Lã de Rocha 70 kg/m <sup>3</sup>	30-100	0,060	0,040		1,500	4	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250		0,052				<i>Espessura total, em metros:</i>	0,203	$\Sigma R_j =$	1,869
Camada	Descrição da camada	Massa vol aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]						Espessura d, [m]	Conduct. térmica $\lambda$ , [W/(m·°C)]	Fluxo horizontal																																				
			Resistência Térmica $R_i$ , [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica $R$ , [m <sup>2</sup> ·°C/W]																																										
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430		0,047																																								
2	Tijolo 30x20x11	1200	0,110		0,270	0,270																																								
3	Lã de Rocha 70 kg/m <sup>3</sup>	30-100	0,060	0,040		1,500																																								
4	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250		0,052																																								
			<i>Espessura total, em metros:</i>	0,203	$\Sigma R_j =$	1,869																																								
<b>RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS<sup>(2)</sup>:</b> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">Resistência térmica superficial interior, <math>R_{si}</math>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">Fluxo horizontal <math>R_{si} =</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right; border: 1px solid black;">0,13</td> </tr> <tr> <td>Resistência térmica superficial exterior, <math>R_{se}</math>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td style="text-align: right;"><math>R_{se} =</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right; border: 1px solid black;">0,13</td> </tr> </table>			Resistência térmica superficial interior, $R_{si}$ , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal $R_{si} =$		0,13	Resistência térmica superficial exterior, $R_{se}$ , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	$R_{se} =$		0,13																																				
Resistência térmica superficial interior, $R_{si}$ , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal $R_{si} =$																																													
	0,13																																													
Resistência térmica superficial exterior, $R_{se}$ , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	$R_{se} =$																																													
	0,13																																													
<b>COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL<sup>(3)</sup>:</b> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%; text-align: right;">Coeficiente de transmissão térmica superficial, <math>U</math>, em [W/(m<sup>2</sup>·°C)]:</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">Fluxo horizontal</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right; border: 1px solid black;">0,47</td> </tr> </table>			Coeficiente de transmissão térmica superficial, $U$ , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	Fluxo horizontal		0,47																																								
Coeficiente de transmissão térmica superficial, $U$ , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	Fluxo horizontal																																													
	0,47																																													
<b>Notas:</b> (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão ( $R=d/\lambda$ ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica ( $R$ ) foram obtidos directamente na publicação do LNEC ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais ( $R_{si}$ e $R_{se}$ ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: $U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_j + R_{se})$ , de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.																																														



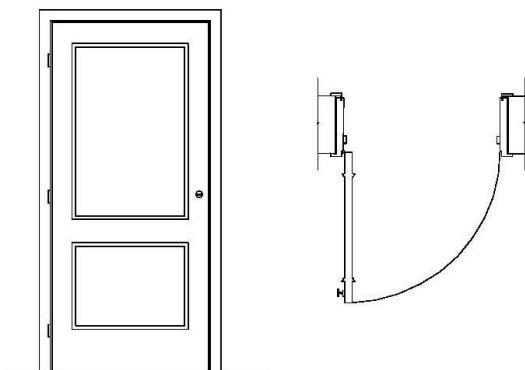
FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	Interior					PDI2
ELEMENTO:	Parede interior					
DESCRIÇÃO:	Parede interior em contacto com espaço não útil (garagem do piso -1 com btr=0,60) com isolamento térmico na face do espaço não útil, com espessura total de 39,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,34 W/(m <sup>2</sup> °C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> °C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m <sup>2</sup> °C/W); isolamento térmico em lã de rocha de 70 kg/m <sup>3</sup> com 6 cm de espessura (R=1,50 m <sup>2</sup> °C/W); placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m <sup>2</sup> °C/W).					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>4</p> <p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>Interior</p> </div> <div style="flex-grow: 1; position: relative;"> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Espaço não útil</p> </div> </div>						
<p><b>NOTAS:</b></p> <p>Nas peças desenhadas são apenas indicadas de forma esquemática as soluções propostas. Estas soluções (sob a forma de esquema de princípio) devem ser adaptadas ao projecto de arquitectura e pormenorizadas na fase de projecto de execução.</p>						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup>						
	Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Conduct. térmica λ, [W/(m °C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> °C/W]
	1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430	0,047
	2	Bloco térmico BTE30	1000	0,300		1,050
	3	Lã de Rocha 70 kg/m <sup>3</sup>	30-100	0,060	0,040	1,500
	4	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250	0,052
						0,000
Espessura total, em metros:				0,393	Σ Rj = 2,649	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup>						
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> °C/W]						Rsi = 0,13
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> °C/W]						Rse = 0,13
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup>						
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> °C)]:						0,34
<p><b>Notas:</b></p> <p>(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do UNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do UNEC: ITE50.</p> <p>(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela D1 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).</p> <p>(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.</p>						

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	Interior					PDI3
ELEMENTO:	Parede interior					
DESCRIÇÃO:	Parede interior em contacto com espaço não úteis (ductos com btr=0,80 e 0,90) com isolamento térmico pelo interior, com espessura total de 24,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,28 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m <sup>2</sup> ·°C/W), isolamento térmico em lâ de rocha de 70 kg/m <sup>3</sup> com 6 cm de espessura (R=1,50 m <sup>2</sup> ·°C/W), pano de alvenaria simples em tijolo cerâmico furado 30x20x11 (R=0,27 m <sup>2</sup> ·°C/W), envolvimento de tubagens com isolamento térmico em lâ de rocha de 70 kg/m <sup>3</sup> com 5 cm de espessura (R=1,50 m <sup>2</sup> ·°C/W).					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :						
<b>Fluxo horizontal</b>						
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	
1	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250		0,052
2	Lã de Rocha 70 kg/m <sup>3</sup>	30-100	0,080	0,040		1,500
3	Tijolo 30x20x11	1200	0,110		0,270	0,270
4	Lã de Rocha 70 kg/m <sup>3</sup>	30-100	0,080	0,040		1,500
						0,000
<i>Espessura total, em metros:</i>			0,243	<b>Σ Rj =</b>		<b>3,322</b>
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :						
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						<b>0,13</b>
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						<b>0,13</b>
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :						
<b>Coeficiente de transmissão térmica superficial, U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						<b>0,28</b>
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidos directamente na publicação do LNEC: ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.						

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	Interior					PDI4
ELEMENTO:	Parede interior					
DESCRIÇÃO:	Parede interior em contacto com espaço não útil (teto falso exterior da fachada Sul - Sala com btr=1) com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 42,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W).					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :						
	Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>2</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Fluxo horizontal Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]
	1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430	0,047
	2	Bloco térmico BTE30	1000	0,300		1,050
	3	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037	2,703
	4	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300	0,004
						0,000
Espessura total, em metros:				0,425		Σ Rj = 3,803
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :						
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo horizontal Rsi = 0,13
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Rse = 0,13
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :						
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						0,25
Notas:						
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão $R=d/\lambda$ , recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica ( $R$ ) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais ( $R_{si}$ e $R_{se}$ ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: $U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_j + R_{se})$ , de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.						

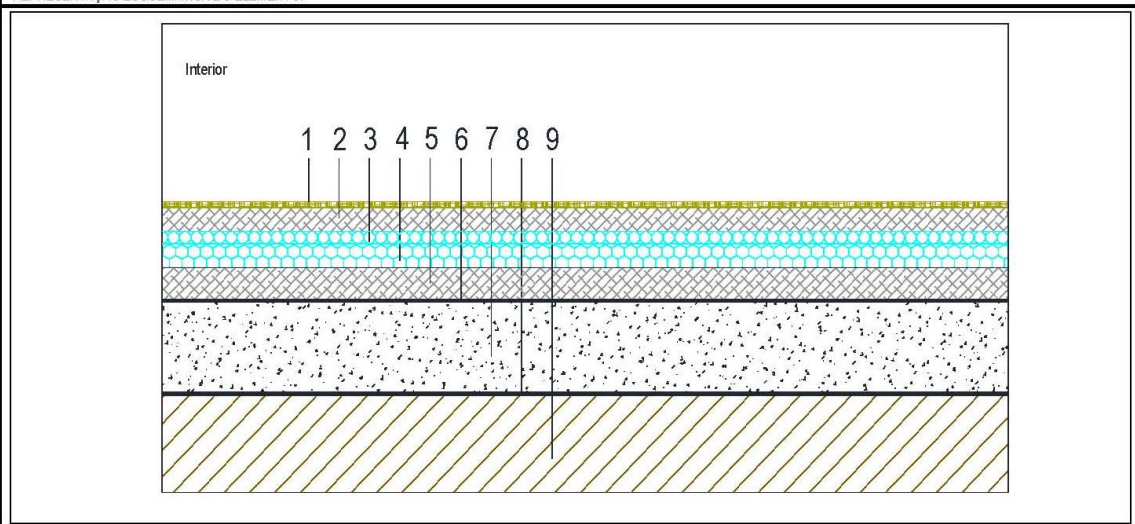


FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	Interior					PTPPDI1
ELEMENTO:	Ponte térmica plana interior					
DESCRIÇÃO:	Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas) em contacto com espaços não úteis (teto falso da fachada Sul - Sala com br=1,0), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, com 42,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de 0,29 W/(m <sup>2</sup> ·°C/W), constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W), forra térmica com 5 cm de espessura (R=0,290 m <sup>2</sup> ·°C/W), elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura (R=0,125 m <sup>2</sup> ·°C/W), isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,00 m <sup>2</sup> ·°C/W), acabamento final exterior em reboco de gesso armado com rede de fibra de vidro e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W).					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup>						
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>2</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R <sub>i</sub> , [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal Resistência Térmica R <sub>i</sub> , [m <sup>2</sup> ·°C/W]
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430	0,047	0,047
2	Forra térmica	1000	0,050	0,290	0,290	0,290
3	Elemento estrutural em betão armado	2500	0,250	2,000	0,125	0,125
4	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037	2,703	2,703
5	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300	0,004	0,004
		Espessura total, em metros:		0,425	Σ R <sub>i</sub> =	3,168
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup>						
Resistência térmica superficial interior, R <sub>si</sub> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]					Fluxo horizontal R <sub>si</sub> =	
Resistência térmica superficial exterior, R <sub>se</sub> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]					R <sub>se</sub> =	
					0,13	
					0,13	
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup>						
					Fluxo horizontal Coeficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	
					0,29	
Notas:						
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC ITE50.						
(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R <sub>si</sub> e R <sub>se</sub> ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).						
(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (R <sub>si</sub> + ΣR <sub>i</sub> + R <sub>se</sub> ), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.						

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:
ENVOLVENTE:	Sem requisitos - Interior					VOI1
ELEMENTO:	Porta					
DESCRIÇÃO:	Porta interior em madeiras leves com espaço de ar confinado entre paramentos de madeira, com 4 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de 1,97 W/(m <sup>2</sup> ·°C).					
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:						
						
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :						
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>2</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo horizontal Resistência Térmica R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]
1	Madeiras leves	435-565	0,005	0,150		0,033
2	caixa de ar		0,030		0,180	0,180
3	madeiras leves	435-565	0,005	0,150		0,033
						0,000
						0,000
						0,000
						0,000
Espessura total, em metros:			0,040	Σ R <sub>j</sub> =		0,247
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :						
Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]					Fluxo horizontal R <sub>si</sub> = 0,13	
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]					R <sub>se</sub> = 0,13	
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :						
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:					1,97	
<p><b>Notas:</b></p> <p>(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.</p> <p>(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R<sub>si</sub> e R<sub>se</sub>) foram obtidos a partir da Tabela D1 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).</p> <p>(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (R<sub>si</sub> + ΣR<sub>j</sub> + R<sub>se</sub>), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.</p>						

FICHA DE ELEMENTO		ELEMENTO TIPO:
(Ficha sugerida, não incluída no REH)		
ENVOLVENTE:	Sem requisitos - Em contacto com o solo	<b>PVT1</b>
ELEMENTO:	Pavimento em contacto com o solo	
DESCRIÇÃO:	Pavimento em contacto com o solo com cerca de 32 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica (Ubf) de 0,30 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituído a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura (R=0,008 m <sup>2</sup> ·°C/W); revestimento interior de piso com 1 cm de espessura (R=0,008 m <sup>2</sup> ·°C/W); camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura (R=0,031 m <sup>2</sup> ·°C/W); sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS (R=0,541 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura (R=1,081 m <sup>2</sup> ·°C/W); camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 8 cm de espessura (R=0,214 m <sup>2</sup> ·°C/W); tela anti condensação; laje térrea em betão armado com malhassol, com 15 cm de espessura (R=0,075 m <sup>2</sup> ·°C/W); manta geotêxtil; tout-venant compactado.	

## REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:

RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS<sup>(1)</sup>:

Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc..	Fluxo desc.
					Fluxo asc..	Fluxo desc.	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]
1	Revestimento interior de piso	2300	0,010	1,300			0,008	0,008
2	Camada de proteção/assentamento	1800	0,040	1,300			0,031	0,031
3	Sistema de piso radiante com isolamento térmico	25-40	0,020	0,037			0,541	0,541
4	Isolamento térmico XPS	25-40	0,040	0,037			1,081	1,081
5	Camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido	800	0,080	0,280			0,214	0,214
6	Tela anti-condensação						0,000	0,000
7	Laje térrea em betão armado	2500	0,150	2,000			0,075	0,075
8	Manta geotêxtil						0,000	0,000
9	Tout-venant compactado						0,000	0,000
							0,000	0,000
			Espessura total, em metros:	0,320	Σ Rj =		1,949	1,949

## QUADRO DE ÁREAS:

Orientação:	<b>Horizontal</b>	Área, em [m <sup>2</sup> ]:	
-------------	-------------------	-----------------------------	--

## Notas:

(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão  $(R=d/\lambda)$ , recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica ( $\lambda$ ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º

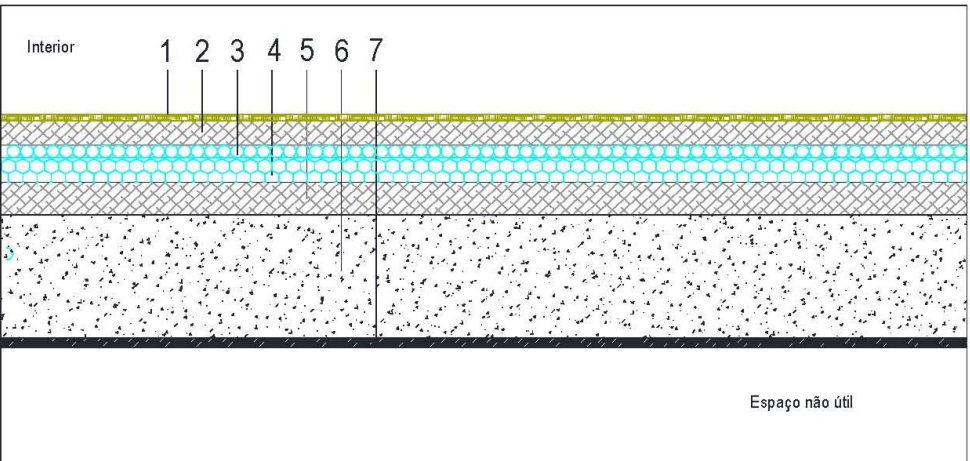
15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidos directamente na publicação do LNEC: ITE50.

(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).

(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão:  $U = 1 / (Rsi + \Sigma Rj + Rse)$ , de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:		
ENVOLVENTE:	Exterior					<b>PVE1</b>		
ELEMENTO:	Pavimento Exterior							
DESCRIÇÃO:	Pavimento exterior com isolamento térmico pelo exterior, com 47,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica do fluxo ascendente de 0,21 W/(m <sup>2</sup> ·°C) e do fluxo descendente de 0,20 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituído a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura (R=0,008 m <sup>2</sup> ·°C/W); camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura (R=0,031 m <sup>2</sup> ·°C/W); sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS (R=0,541 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura (R=1,081 m <sup>2</sup> ·°C/W); camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 8 cm de espessura (R=0,214 m <sup>2</sup> ·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,100 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W).							
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:								
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :								
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc.,	Fluxo desc.,
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]
1	Revestimento interior de piso	2300	0,010	1,300			0,008	0,008
2	Camada de assentamento	1800	0,040	1,300			0,031	0,031
3	Sistema de piso radiante com isolamento térmico	25-40	0,020	0,037			0,541	0,541
4	Isolamento térmico XPS	25-40	0,040	0,037			1,081	1,081
5	Camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido	800	0,080	0,280			0,214	0,214
6	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100
7	Isolamento térmico EPS	>20	0,100	0,037			2,703	2,703
8	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300			0,004	0,004
							0,000	0,000
Espessura total, em metros:			0,475			Σ Rj =	4,681	4,681
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :								
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo asc.,		Fluxo desc.,
						Rsi =		0,10    0,17
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Rse =		0,04    0,04
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :								
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						Fluxo asc.,		Fluxo desc.,
						U =		0,21    0,20
QUADRO DE ÁREAS:								
Orientação:		Horizontal			Área, em [m <sup>2</sup> ]		16,88	
<p>Notas:</p> <p>(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.</p> <p>(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela D1 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).</p> <p>(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.</p>								



FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:			
ENVOLVENTE:	Interior					PV11			
ELEMENTO:	Pavimento interior								
DESCRIÇÃO:	Pavimento interior em contacto com espaço não útil (garagem do piso -1 com btr=0,60 e arrumo do piso -1 com btr=0,30) com isolamento térmico na face superior da laje, com 39 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica do fluxo ascendente de 0,46 W/(m <sup>2</sup> ·°C) e do fluxo descendente de 0,43 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituído a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura (R=0,008 m <sup>2</sup> ·°C/W), camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura (R=0,031 m <sup>2</sup> ·°C/W), sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS (R=0,541 m <sup>2</sup> ·°C/W), isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura (R=1,081 m <sup>2</sup> ·°C/W), camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 8 cm de espessura (R=0,214 m <sup>2</sup> ·°C/W), laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,100 m <sup>2</sup> ·°C/W), revestimento de teto do ENU em reboco tradicional com 2 cm de espessura (R=0,015 m <sup>2</sup> ·°C/W).								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:									
									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup>									
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc., [W/m <sup>2</sup> ]	Fluxo desc., [W/m <sup>2</sup> ]	
					Fluxo asc.	Fluxo desc.			
1	Revestimento interior de piso	2300	0,010	1,300			0,008	0,008	
2	Camada de assentamento	1800	0,040	1,300			0,031	0,031	
3	Sistema de piso radiante com isolamento térmico	25-40	0,020	0,037			0,541	0,541	
4	Isolamento térmico XPS	25-40	0,040	0,037			1,081	1,081	
5	Camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido	800	0,060	0,280			0,214	0,214	
6	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100	
7	Reboco tradicional	1800	0,020	1,300			0,015	0,015	
							0,000	0,000	
Espessura total, em metros:			0,390	Σ Rj =			1,990	1,990	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup>									
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo asc.		Fluxo desc.	
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Rsi =		0,10    0,17	
						Rse =		0,10    0,17	
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup>									
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						Fluxo asc.		Fluxo desc.	
						0,46		0,43	
QUADRO DE ÁREAS:									
Orientação: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Horizontal</span>						Área, em [m <sup>2</sup> ]: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">164,31</span>			
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.									

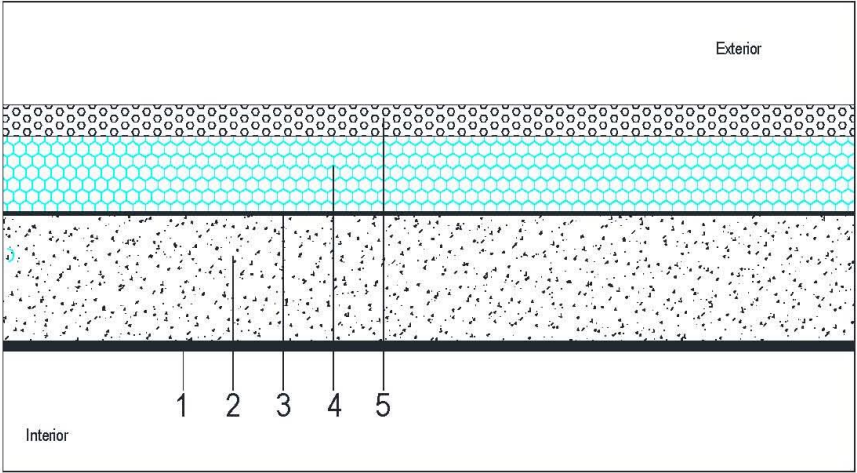
FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:		
ENVOLVENTE:	Interior					PVI2		
ELEMENTO:	Pavimento interior							
DESCRIÇÃO:	Pavimento interior em contacto com espaço não útil (zona técnica do piso -1 com btr=1,0) com isolamento térmico na face inferior da laje, com 45,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica do fluxo ascendente de 0,23 W/(m <sup>2</sup> ·°C) e do fluxo descendente de 0,22 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituído a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura (R=0,008 m <sup>2</sup> ·°C/W); camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura (R=0,031 m <sup>2</sup> ·°C/W); sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS (R=0,541 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura (R=1,081 m <sup>2</sup> ·°C/W); camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 8 cm de espessura (R=0,214 m <sup>2</sup> ·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,100 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 8 cm de espessura (R=2,00 m <sup>2</sup> ·°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m <sup>2</sup> ·°C/W).							
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:								
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :								
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc.	Fluxo desc.
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	Fluxo asc.	Fluxo desc.
1	Revestimento interior de piso	2300	0,010	1,300			0,008	0,008
2	Camada de assentamento	1800	0,040	1,300			0,031	0,031
3	Sistema de piso radiante com isolamento térmico	25-40	0,020	0,037			0,541	0,541
4	Isolamento térmico XPS	25-40	0,040	0,037			1,081	1,081
5	Camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido	800	0,060	0,280			0,214	0,214
6	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100
7	Isolamento térmico EPS	>20	0,080	0,037			2,162	2,162
8	Acabamento exterior	1800	0,005	1,300			0,004	0,004
		Espessura total, em metros:		0,455	Σ Rj =		4,140	4,140
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :								
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo asc. Fluxo desc.		
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Rsi = Rse =		
						0,10 0,17		
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :								
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						Fluxo asc. Fluxo desc.		
						0,23 0,22		
QUADRO DE ÁREAS:								
Orientação: Horizontal						Área, em [m <sup>2</sup> ] 7,21		
Notas:								
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.								
(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).								
(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U=1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.								

FICHA DE ELEMENTO <small>(Ficha sugerida, não incluída no REH)</small>							ELEMENTO TIPO:	
ENVOLVENTE:	Interior						CBI1	
ELEMENTO:	Cobertura interior							
DESCRIÇÃO:	Cobertura interior em contacto com espaço não útil (ducto com btr=0,90) com isolamento térmico na face superior da laje, espessura total de 34 cm e coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,30 W/(m <sup>2</sup> ·°C) e do fluxo descendente de 0,29 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m <sup>2</sup> ·°C/W); lá de rocha 70 kg/m <sup>3</sup> com 12 cm de espessura (R=3,00 m <sup>2</sup> ·°C/W).							
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:								
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :								
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc...	Fluxo desc.
					Fluxo asc.	Fluxo desc.		
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430			0,047	0,047
2	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100
3	Lã de rocha 70 kg/m <sup>3</sup>	30-100	0,120	0,040			3,000	3,000
			Espessura total, em metros:	0,340			Σ Rj =	3,147
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :								
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]							Fluxo asc.	Fluxo desc.
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]							Rsi =	Rse =
							0,10	0,17
							0,10	0,17
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :								
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:							Fluxo asc.	Fluxo desc.
							0,30	0,29
QUADRO DE ÁREAS:								
Orientação:	Horizontal						Área, em [m <sup>2</sup> ]	3,85
Notas:								
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.								
(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).								
(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.								

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:			
ENVOLVENTE:	Interior					CBI2			
ELEMENTO:	Cobertura interior								
DESCRIÇÃO:	Cobertura interior em contacto com espaço não útil (ducto com Btr=0,80) com isolamento térmico na face superior da laje, espessura total de 48,3 cm e coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,17 W/(m <sup>2</sup> ·°C) e do fluxo descendente de 0,16 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: placa de gesso cartonado com de 1,3 cm (R=0,052 m <sup>2</sup> ·°C/W); lâ de rocha 70 kg/m <sup>3</sup> com 10 cm de espessura (R=2,50 m <sup>2</sup> ·°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 5 cm (Rasc=0,16 m <sup>2</sup> ·°C/W e Rdesc=0,21 m <sup>2</sup> ·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m <sup>2</sup> ·°C/W); lâ de rocha 70 kg/m <sup>3</sup> com 12 cm de espessura (R=3,00 m <sup>2</sup> ·°C/W).								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :									
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condução térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc.	Fluxo desc.	
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	
1	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250			0,052	0,052	
2	Lã de Rocha	70	0,100	0,040			2,500	2,500	
3	Espaço de ar confinado		0,050		0,160	0,210	0,160	0,210	
4	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100	
5	Lã de rocha 70 kg/m <sup>3</sup>	30-100	0,120	0,040			3,000	3,000	
Espessura total, em metros:							0,483	Σ Rj =	5,812    5,862
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :									
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo asc.    Fluxo desc.			
Resistência térmica superficial exterior, <b>Rse</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Rsi =    0,10    0,17			
						Rse =    0,10    0,17			
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :									
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						Fluxo asc.    Fluxo desc.			
						U =    0,17    0,16			
QUADRO DE ÁREAS:									
Orientação: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Horizontal</span>						Área, em [m <sup>2</sup> ] <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0,41</span>			
Notas:									
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.									
(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).									
(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.									



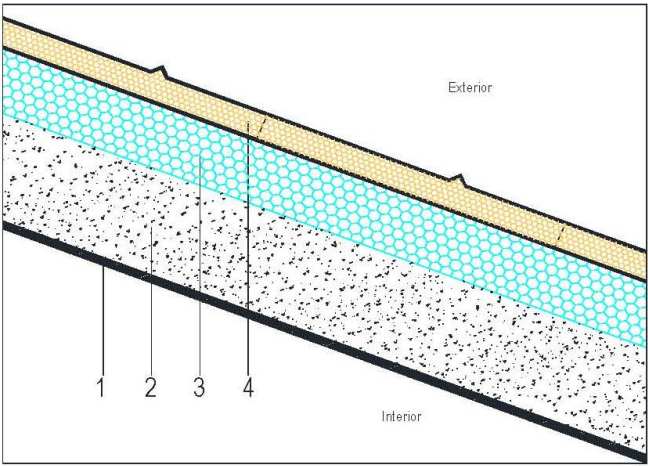
FICHA DE ELEMENTO							ELEMENTO TIPO:	
ENVOLVENTE:	Exterior						CBE1	
ELEMENTO:	Cobertura exterior							
DESCRIÇÃO:	Cobertura exterior plana com cerca de 48,8 cm de espessura, com isolamento térmico pelo interior e exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente e descendente de 0,16 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: placa de gesso cartonado com de 1,3 cm (R=0,052 m <sup>2</sup> ·°C/W); lâ de rocha 70 kg/m <sup>3</sup> com 10 cm de espessura (R=2,50 m <sup>2</sup> ·°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 5 cm (Rasc=0,16 m <sup>2</sup> ·°C/W e Rdesc=0,21 m <sup>2</sup> ·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m <sup>2</sup> ·°C/W); sistema de impermeabilização (R=0,022 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m <sup>2</sup> ·°C/W); proteção exterior pesada em godo de cor clara (coeficiente de absorção=0,4).							
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:								
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :								
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca (kg/m <sup>3</sup> )	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc..	Fluxo desc.
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	Resistência Térmica R, [m <sup>2</sup> ·°C/W]	
1	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250			0,052	0,052
2	Lâ de Rocha	70	0,100	0,040			2,500	2,500
3	Espaço de ar confinado		0,050		0,160	0,210	0,160	0,210
4	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100
5	Sistema de impermeabilização		0,005	0,230			0,022	0,022
6	Isolamento térmico XPS	25-40	0,120	0,037			3,243	3,243
7	Proteção exterior pesada em godo						0,000	0,000
			Espessura total, em metros:	0,488	Σ Rj =		6,077	6,127
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :								
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Fluxo asc.   Fluxo desc.		
Resistência térmica superficial interior, <b>Rsi</b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]						Rsi =   0,10   0,17		
						Rse =   0,04   0,04		
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :								
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:						Fluxo asc.   Fluxo desc.		
						U =   0,16   0,16		
QUADRO DE ÁREAS:								
Orientação:	Horizontal					Área, em [m <sup>2</sup> ]:   2,29		
Notas:								
(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.								
(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (Rsi e Rse) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 119/2013).								
(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (Rsi + ΣRj + Rse), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.								

FICHA DE ELEMENTO						ELEMENTO TIPO:																																																																														
ENVOLVENTE:	Exterior					CBE2																																																																														
ELEMENTO:	Cobertura exterior																																																																																			
DESCRIÇÃO:	Cobertura exterior plana com cerca de 48,8 cm de espessura, com isolamento térmico pelo exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente e descendente de 0,28 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m <sup>2</sup> ·°C/W); sistema de impermeabilização (R=0,022 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m <sup>2</sup> ·°C/W); proteção exterior pesada em godo de cor clara (coeficiente de absorção=0,4).																																																																																			
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO: <div style="text-align: center;">  </div>																																																																																				
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Camada</th> <th rowspan="2">Descrição da camada</th> <th rowspan="2">Massa vol. aparente seca (kg/m<sup>2</sup>)</th> <th rowspan="2">Espessura d. [m]</th> <th rowspan="2">Condução térmica λ [W/(m·°C)]</th> <th colspan="2">Resistência Térmica R<sub>t</sub> [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> <th>Fluxo asc.</th> <th>Fluxo desc.</th> </tr> <tr> <th>Fluxo asc.</th> <th>Fluxo desc.</th> <th>Resistência Térmica R<sub>t</sub> [m<sup>2</sup>·°C/W]</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Estuque projetado</td> <td>900-1200</td> <td>0,020</td> <td>0,430</td> <td></td> <td></td> <td>0,047</td> <td>0,047</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Laje maciça</td> <td>2500</td> <td>0,200</td> <td>2,000</td> <td></td> <td></td> <td>0,100</td> <td>0,100</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Sistema de impermeabilização</td> <td></td> <td>0,005</td> <td>0,230</td> <td></td> <td></td> <td>0,022</td> <td>0,022</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Isolamento térmico XPS</td> <td>25-40</td> <td>0,120</td> <td>0,037</td> <td></td> <td></td> <td>3,243</td> <td>3,243</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Proteção exterior pesada em godo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,000</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td>0,000</td> <td>0,000</td> </tr> <tr> <td colspan="7">Espessura total, em metros:</td> <td>0,345</td> <td>Σ R<sub>j</sub> =</td> <td>3,411    3,411</td> </tr> </tbody> </table>								Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca (kg/m <sup>2</sup> )	Espessura d. [m]	Condução térmica λ [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc.	Fluxo desc.	Fluxo asc.	Fluxo desc.	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]		1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430			0,047	0,047	2	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100	3	Sistema de impermeabilização		0,005	0,230			0,022	0,022	4	Isolamento térmico XPS	25-40	0,120	0,037			3,243	3,243	5	Proteção exterior pesada em godo						0,000	0,000								0,000	0,000	Espessura total, em metros:							0,345	Σ R <sub>j</sub> =	3,411    3,411
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca (kg/m <sup>2</sup> )	Espessura d. [m]	Condução térmica λ [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc.						Fluxo desc.																																																																							
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]																																																																													
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430			0,047	0,047																																																																												
2	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100																																																																												
3	Sistema de impermeabilização		0,005	0,230			0,022	0,022																																																																												
4	Isolamento térmico XPS	25-40	0,120	0,037			3,243	3,243																																																																												
5	Proteção exterior pesada em godo						0,000	0,000																																																																												
							0,000	0,000																																																																												
Espessura total, em metros:							0,345	Σ R <sub>j</sub> =	3,411    3,411																																																																											
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fluxo asc.</th> <th>Fluxo desc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td>0,10</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b>, em [m<sup>2</sup>·°C/W]</td> <td>0,04</td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table>									Fluxo asc.	Fluxo desc.	Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	0,10	0,17	Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	0,04	0,04																																																																				
	Fluxo asc.	Fluxo desc.																																																																																		
Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	0,10	0,17																																																																																		
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]	0,04	0,04																																																																																		
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fluxo asc.</th> <th>Fluxo desc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b>, em [W/(m<sup>2</sup>·°C)]:</td> <td>0,28</td> <td>0,28</td> </tr> </tbody> </table>									Fluxo asc.	Fluxo desc.	Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	0,28	0,28																																																																							
	Fluxo asc.	Fluxo desc.																																																																																		
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:	0,28	0,28																																																																																		
QUADRO DE ÁREAS: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 60%;">Orientação:</td> <td style="border: 1px solid black;">Horizontal</td> <td style="width: 40%;">Área, em [m<sup>2</sup>]</td> <td style="border: 1px solid black;">9,34</td> </tr> </table>								Orientação:	Horizontal	Área, em [m <sup>2</sup> ]	9,34																																																																									
Orientação:	Horizontal	Área, em [m <sup>2</sup> ]	9,34																																																																																	
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R <sub>si</sub> e R <sub>se</sub> ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (R <sub>si</sub> + Σ R <sub>j</sub> + R <sub>se</sub> ), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.																																																																																				

FICHA DE ELEMENTO							ELEMENTO TIPO:		
ENVOLVENTE:	Exterior						CBE3		
ELEMENTO:	Cobertura exterior								
DESCRIÇÃO:	Cobertura exterior plana com cerca de 63,3 cm de espessura, com isolamento térmico pelo interior e exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,13 W/(m <sup>2</sup> °C) e descendente de 0,12 W/(m <sup>2</sup> °C), constituída a partir do interior por: placa de gesso cartonado com de 1,3 cm (R=0,052 m <sup>2</sup> °C/W), lâ de rocha 10 kg/m <sup>3</sup> com 10 cm de espessura (R=2,50 m <sup>2</sup> °C/W), espaço de ar confinado com altura média de 5 cm (Rasc=0,16 m <sup>2</sup> °C/W e Rdesc=0,21 m <sup>2</sup> °C/W), laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m <sup>2</sup> °C/W), isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m <sup>2</sup> °C/W), espaço de ar confinado com altura média de 9 cm (Rasc=0,16 m <sup>2</sup> °C/W e Rdesc=0,22 m <sup>2</sup> °C/W), Chapas metálicas em painéis sanduiche de cor clara (coeficiente de absorção=0,4) com 6 cm de isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano (PUR) (R=1,622 m <sup>2</sup> °C/W).								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :									
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>3</sup> ]	Espessura d, [m]	Condut. térmica λ, [W/(m °C)]	Resistência Térmica R <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> °C/W]		Fluxo asc..	Fluxo desc.	
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	Resistência Térmica R <sub>e</sub> [m <sup>2</sup> °C/W]		
1	Placa de gesso cartonado	750	0,013	0,250			0,052	0,052	
2	Lã de Rocha	70	0,100	0,040			2,500	2,500	
3	Espaço de ar confinado		0,050		0,160	0,210	0,160	0,210	
4	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100	
5	Isolamento térmico XPS	25-40	0,120	0,037			3,243	3,243	
6	Espaço de ar confinado		0,090		0,160	0,220	0,160	0,220	
7	Painel sanduiche (6 cm de isolamento térmico PUR)	35-50	0,060	0,037			1,622	1,622	
							0,000	0,000	
Espessura total, em metros:			0,633			Σ R <sub>j</sub> =	7,837	7,947	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :									
Resistência térmica superficial interior, R <sub>si</sub> , em [m <sup>2</sup> °C/W]							Fluxo asc.	Fluxo desc.	
							R <sub>si</sub> =	0,10	0,17
Resistência térmica superficial exterior, R <sub>se</sub> , em [m <sup>2</sup> °C/W]							R <sub>se</sub> =	0,04	0,04
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :									
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m <sup>2</sup> °C)]:							Fluxo asc.	Fluxo desc.	
							0,13	0,12	
QUADRO DE ÁREAS:									
Orientação:	Horizontal						Área, em [m <sup>2</sup> ]:	48,11	
Notas:									
<p>(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50.</p> <p>(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R<sub>si</sub> e R<sub>se</sub>) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).</p> <p>(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (R<sub>si</sub> + ΣR<sub>j</sub> + R<sub>se</sub>), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.</p>									

FICHA DE ELEMENTO							ELEMENTO TIPO:		
ENVOLVENTE:	Exterior						<b>CBE4</b>		
ELEMENTO:	Cobertura exterior								
DESCRIÇÃO:	Cobertura exterior plana com cerca de 49 cm de espessura, com isolamento térmico pelo exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,19 W/(m²·°C) e descendente de 0,18 W/(m²·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m²·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m²·°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m²·°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 9 cm (Rasc=0,16 m²·°C/W e Rdesc=0,22 m²·°C/W); Chapas metálicas em painéis sanduiche de cor clara (coeficiente de absorção=0,4) com 6 cm de isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano (PUR) (R=1,622 m²·°C/W).								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :									
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m²]	Espessura d. [m]	Condução térmica λ. [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m²·°C/W]		Fluxo asc.	Fluxo desc.	
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m²·°C/W]		
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430			0,047	0,047	
2	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100	
3	Isolamento térmico XPS	25-40	0,120	0,037			3,243	3,243	
4	Espaço de ar confinado		0,090		0,160	0,220	0,160	0,220	
5	Painel sanduiche (6 cm de isolamento térmico PUR)	35-50	0,060	0,037			1,622	1,622	
							0,000	0,000	
Espessura total, em metros:			0,490				Σ R <sub>t</sub> = 5,171	5,231	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :									
Resistência térmica superficial interior, R <sub>si</sub> , em [m²·°C/W]							Fluxo asc.	Fluxo desc.	
							R <sub>si</sub> =	0,10	0,17
Resistência térmica superficial exterior, R <sub>se</sub> , em [m²·°C/W]							R <sub>se</sub> =	0,04	0,04
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :									
Coeficiente de transmissão térmica superficial, U, em [W/(m²·°C)]:							Fluxo asc.	Fluxo desc.	
							0,19	0,18	
QUADRO DE ÁREAS:									
Orientação:	Horizontal						Área, em [m²]	93,75	
Notas: (1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC: ITE50. (2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R <sub>si</sub> e R <sub>se</sub> ) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013). (3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (R <sub>si</sub> + Σ R <sub>t</sub> + R <sub>se</sub> ), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.									



FICHA DE ELEMENTO							ELEMENTO TIPO:		
ENVOLVENTE:	Exterior						CBE5		
ELEMENTO:	Cobertura exterior								
DESCRIÇÃO:	Cobertura exterior inclinada com cerca de 40 cm de espessura, com isolamento térmico pelo exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente e descendente de 0,19 W/(m <sup>2</sup> ·°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m <sup>2</sup> ·°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m <sup>2</sup> ·°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m <sup>2</sup> ·°C/W); Chapas metálicas em painéis sanduiche de cor clara (coeficiente de absorção=0,4) com 6 cm de isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano (PUR) (R=1,622 m <sup>2</sup> ·°C/W).								
REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO ELEMENTO:									
									
RESISTÊNCIA TÉRMICA DAS CAMADAS <sup>(1)</sup> :									
Camada	Descrição da camada	Massa vol. aparente seca [kg/m <sup>2</sup> ]	Espessura d. [m]	Condução térmica λ [W/(m·°C)]	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]		Fluxo asc.	Fluxo desc.	
					Fluxo asc.	Fluxo desc.	Resistência Térmica R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> ·°C/W]	Fluxo asc.	Fluxo desc.
1	Estuque projetado	900-1200	0,020	0,430			0,047	0,047	
2	Laje maciça	2500	0,200	2,000			0,100	0,100	
3	Isolamento térmico XPS	25-40	0,120	0,037			3,243	3,243	
4	Painel sanduiche (6 cm de isolamento térmico PUR)	35-50	0,060	0,037			1,622	1,622	
							0,000	0,000	
Espessura total, em metros:			0,400			Σ R <sub>t</sub> =	5,011	5,011	
RESISTÊNCIA TÉRMICAS SUPERFICIAIS <sup>(2)</sup> :									
Resistência térmica superficial interior, <b>R<sub>si</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]							R <sub>si</sub> =	0,10	0,17
Resistência térmica superficial exterior, <b>R<sub>se</sub></b> , em [m <sup>2</sup> ·°C/W]							R <sub>se</sub> =	0,04	0,04
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAL <sup>(3)</sup> :									
Coeficiente de transmissão térmica superficial, <b>U</b> , em [W/(m <sup>2</sup> ·°C)]:								0,19	0,19
QUADRO DE ÁREAS:									
Orientação:	Horizontal						Área, em [m <sup>2</sup> ]	50,71	
<p><small>Notas:</small></p> <p>(1) – As resistências térmicas de camadas homogêneas foram calculadas pela expressão (R=d/λ), recorrendo a valores de cálculo do coeficiente de condutibilidade térmica (λ), obtidos da publicação do LNEC ITE50, conforme previsto no Despacho n.º 15793-K/2013. Nos termos do mesmo Despacho, para camadas heterogêneas os valores da resistência térmica (R) foram obtidas directamente na publicação do LNEC ITE50.</p> <p>(2) – Os valores das resistências térmicas superficiais (R<sub>si</sub> e R<sub>se</sub>) foram obtidos a partir da Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 (Decreto-Lei n.º 118/2013).</p> <p>(3) – O coeficiente de transmissão térmica superficial foi calculado a partir da expressão: U = 1 / (R<sub>si</sub> + Σ R<sub>t</sub> + R<sub>se</sub>), de acordo com o ponto 2.1 do Despacho 15793-K/2013.</p>									

## ANEXO 3 – APLICAÇÃO LNEC PARA O CÁLCULO DA VENTILAÇÃO

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Amândio Pinto apinto@lneec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.  Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12	
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação	Área útil (m²):	255,7		
Local (município)	MIRANDELA	F d (m):	2,60		
Região	B	N.º de pisos da fração	3		
Rugosidade	II	Velocidade vento	Defeito REH		
Altitude do local (m)	602	Vento (u10REH: 3,94) (m/s)			
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m³):	665		
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não	T exterior (°C)	5,8		
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	6	Zref (m)	680		
Altura da fração (H <sub>fra</sub> ) em m	6	Aenv/Au:	32%		
		Proteção do edifício:	Desprotegido		
		Zona da fachada:	Inferior		
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	VE1	VE2	VE3	VE4	
Área dos vãos (m²)	68,85	6,94	6,54	0,69	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	4	4	4	4	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Baixa	Não tem	Não tem	Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim				
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm²) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m³/h)	0	315	0	0	
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não	Não	Não	
Escoamento de ar					
Perda de carga					
Altura da conduta (m)					
Cobertura					
Número de condutas semelhantes					
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Sim				
Escoamento de ar	Admissão	Exaustão	Exaustão	Exaustão	
Caudal nominal (m³/h)	0	300	0	0	
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento	Não	Não	Não	Não	
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor	Sim				
Rendimento da recuperação de calor (%)	75				
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos					
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m³/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>pa,1</sub> (h-1) - Aquecimento	0,56				
R <sub>pa,2</sub> (h-1) - Arrefecimento	0,60				
Wvm (kVWh)	788,4				
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>pa,1,REF</sub> (h-1)	0,56				
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,45				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Crítério Rph mínimo	Satisfatório				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
Técnico: Pedro Santos Data: 30/01/2016					

## ANEXO 4 – RELATÓRIO DO SISTEMA SOLAR TÉRMICO



Direção Geral de Energia e Geologia

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico		1/2																																																																																																								
<b>Sumário</b>																																																																																																										
<p>Instalação em Alvítes (Mirandela)</p> <p>3 coletores Vulcano FKT-2S</p> <p>» painel com : 7,28 m<sup>2</sup> (inclinação 35° e azimute 0°)</p> <p>» depósito de : 286 l, modelo Vulcano SK300-1 solar</p> <p>Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)</p> <p>Energia útil solicitada: 3 565 kWh</p> <p>- satisfeitas por origem solar: <b>2 954 kWh</b> 83% de fração solar</p> <p>- satisfeitas pelo apoio: 611 kWh 17%</p> <p>Indicadores principais (sistema solar)</p> <p>rendimento: 28%</p> <p>produtividade: 406 kWh/m<sup>2</sup></p> <p>perdas: 21%</p>																																																																																																										
<b>Local e clima</b>																																																																																																										
<p>NUTS III: Alto Trás-os-Montes Município: Mirandela Local: Alvítes elevação: 602 m albedo: 20%</p> <p><b>obstruções do horizonte</b></p> <table border="1"> <tr> <td>azimute:</td> <td>E</td> <td>-85°</td> <td>-90°</td> <td>-75°</td> <td>-70°</td> <td>-65°</td> <td>-60°</td> <td>-55°</td> <td>-50°</td> <td>NE</td> <td>-40°</td> <td>-35°</td> <td>-30°</td> <td>-25°</td> <td>-20°</td> <td>-15°</td> <td>-10°</td> <td>-5°</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>altura angular:</td> <td colspan="19"></td> </tr> <tr> <td>azimute:</td> <td>S</td> <td>5°</td> <td>10°</td> <td>15°</td> <td>20°</td> <td>25°</td> <td>30°</td> <td>35°</td> <td>40°</td> <td>NW</td> <td>50°</td> <td>55°</td> <td>60°</td> <td>65°</td> <td>70°</td> <td>75°</td> <td>80°</td> <td>85°</td> <td>W</td> </tr> <tr> <td>altura angular:</td> <td colspan="19"></td> </tr> </table>			azimute:	E	-85°	-90°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S	altura angular:																				azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W	altura angular:																																											
azimute:	E	-85°	-90°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S																																																																																							
altura angular:																																																																																																										
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W																																																																																							
altura angular:																																																																																																										
<b>Configuração do sistema solar</b>																																																																																																										
<p>Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 7,3 m<sup>2</sup> de colectores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 286 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.</p> <p>Circuito primário com 38 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 18 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura. Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 43 l/m<sup>2</sup> por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.</p> <p>Apoio energético fornecido por sistema elétrico (I) com eficiência nominal 100%; montagem ao depósito, controlo temporizado.</p> <p>3 colectores Vulcano FKT-2S - certificado 011-752084 F de DIN CERTCO (DE), dados inseridos por DGEG (válido até 30/06/2018).</p> <p>Área de abertura 2,43 m<sup>2</sup>, coeficientes de perdas térmicas a1 = 3,86 W/m<sup>2</sup>K e a2 = 0,013 W/m<sup>2</sup>K, rendimento óptico = 79%.</p> <p>1 depósito de modelo Vulcano SK300-1 solar, com capacidade 286 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 2,6 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.</p> <p>Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.</p> <p>Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por polietileno com espessura 10 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.</p>																																																																																																										
<b>Necessidades de energia</b>																																																																																																										
<p>Águas quentes sanitárias - padrão REH</p> <p><b>edifício:</b></p> <p><u>Residências</u></p> <p>nº fracções desta tipologia: 1</p> <p>nº ocupantes por fracção: 6</p> <p>consumo diário por ocupante (litros): 40</p>																																																																																																										
<p><b>temperaturas</b></p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>jan</td> <td>fev</td> <td>mar</td> <td>abr</td> <td>mai</td> <td>jun</td> <td>jul</td> <td>ago</td> <td>set</td> <td>out</td> <td>nov</td> <td>dez</td> </tr> <tr> <td>abastecimento de água</td> <td>13</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>17</td> <td>15</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>pretendida no consumo</td> <td>53</td> <td>52</td> <td>52</td> <td>51</td> <td>50</td> <td>49</td> <td>49</td> <td>50</td> <td>51</td> <td>52</td> <td>52</td> <td>53</td> </tr> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53																																																																	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13																																																																																														
pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53																																																																																														
<p><b>energia diária</b></p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>jan</td> <td>fev</td> <td>mar</td> <td>abr</td> <td>mai</td> <td>jun</td> <td>jul</td> <td>ago</td> <td>set</td> <td>out</td> <td>nov</td> <td>dez</td> </tr> <tr> <td>segunda-feira</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> <tr> <td>terça-feira</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> <tr> <td>sábado</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> <tr> <td>domingo</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> <td>9,8</td> </tr> </table>				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	segunda-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	terça-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	quarta-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	quinta-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	sexta-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	sábado	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	domingo	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez																																																																																														
segunda-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8																																																																																														
terça-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8																																																																																														
quarta-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8																																																																																														
quinta-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8																																																																																														
sexta-feira	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8																																																																																														
sábado	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8																																																																																														
domingo	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8																																																																																														
<p><b>perfil de consumo</b></p> <table border="1"> <tr> <td>hora</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>(período diurno)</td> <td>-</td> <td>5%</td> <td>10%</td> <td>10%</td> <td>10%</td> <td>10%</td> <td>10%</td> <td>5%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>10%</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>hora</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>21</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>24</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>(período nocturno)</td> <td>10%</td> <td>10%</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>			hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	(período diurno)	-	5%	10%	10%	10%	10%	10%	5%	-	-	10%	10%	hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	(período nocturno)	10%	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																				
hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																														
(período diurno)	-	5%	10%	10%	10%	10%	10%	5%	-	-	10%	10%																																																																																														
hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																														
(período nocturno)	10%	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																														

16/11/2018 11:42

software SCEER - versão 1.4.0

Licenciado a Pedro Santos

Relatório de simulação de sistema solar térmico - continuação														2/2
Aproveitamento do recurso solar														
radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)		0,8	1,4	2,4	3,1	3,7	4,9	5,3	4,6	3,1	1,7	0,9	0,6	2,7 kWh/m².dia
incidente nos colectores		1,6	2,3	3,3	3,5	3,6	4,4	4,8	4,8	3,9	2,6	1,7	1,3	3,2 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores		1,5	2,2	3,2	3,3	3,2	3,7	4,2	4,5	3,7	2,5	1,7	1,3	2,9 kWh/m².dia
radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera		4,0	5,5	7,5	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,2	6,2	4,4	3,6	7,7 kWh/m².dia
na horizontal (à superfície)		1,7	2,6	4,0	5,2	6,3	7,3	7,3	6,6	4,9	3,0	2,0	1,4	4,4 kWh/m².dia
incidente nos colectores		2,7	3,8	5,1	5,6	6,1	6,8	6,9	6,9	5,9	4,2	3,0	2,2	4,9 kWh/m².dia
absorvida pelos colectores		2,3	3,3	4,4	4,8	5,0	5,4	5,6	6,0	5,1	3,6	2,5	1,9	4,2 kWh/m².dia
Desempenho energético														
temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente		5,9	7,4	9,9	11,8	15,4	20,2	23,6	23,5	20,3	14,8	9,8	7,1	14,1 °C
abastecimento de água		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15 °C
base do armazenamento		29	37	47	52	57	63	64	67	60	44	32	27	48 °C
topo do armazenamento		50	56	66	70	74	80	83	84	78	63	51	50	67 °C
pretendida no consumo		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50 °C
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
pretendida no consumo		240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240 litros/dia
extraída do armazenamento		230	210	178	164	152	135	131	126	143	188	225	228	176 litros/dia
nota: adicionada		10	30	62	76	88	105	109	114	97	52	15	12	64 litros/dia
balanços de energia		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
- sistema solar		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
nota: radiação solar na horizontal		392	536	912	1 129	1 417	1 599	1 644	1 478	1 059	687	427	310	11 591 kWh
energia primária (radiação solar incidente)		616	769	1 157	1 225	1 384	1 485	1 560	1 554	1 285	937	649	503	13 124 kWh
energia solar captada		238	281	415	445	460	523	602	596	492	367	255	193	4 865 kWh
perdas térmicas no circuito primário		5	7	13	14	18	19	18	20	18	11	6	4	153 kWh
perdas térmicas no armazenamento		36	46	72	79	91	99	106	110	94	66	39	33	871 kWh
consumos eléctricos parasíticos		5	5	6	6	7	7	6	7	7	6	5	5	70 kWh
energia final (calor de origem solar)		186	224	319	323	368	388	397	403	367	290	202	150	3 616 kWh
- sistema de apoio		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
energia primária (eletricidade via SEP)		366	209	130	86	17	1	8	0,8	18	127	295	451	1 709 kWh
energia final (calor)		146	84	52	34	7	0,5	3	0,3	7	51	118	181	684 kWh
- circuito de distribuição		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
perdas térmicas		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2 kWh
- fornecimento de água quente		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
necessidades (consumo de energia útil)		303	273	303	293	303	293	303	303	293	303	293	303	3 565 kWh
energia de origem solar (útil)		170	199	260	265	297	293	300	303	287	258	185	137	2 954 kWh
energia com origem no apoio (útil)		133	74	43	28	6	0	2	0	6	45	108	165	611 kWh
Desempenho global do sistema														
fracção solar		83% em termos de energia útil												
produtividade		406 kWh/m² de coletor												
i.e.		31% da produtividade limite dos colectores, 1301 kWh/m²												
rendimento - definição física		28% em relação à energia solar no plano dos colectores												
rendimento - definição estatística		25% em relação à energia solar na horizontal												
perdas térmicas e consumos parasíticos		22% da energia solar captada												
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.														
16/11/2016 11:42 software SCE.ER - versão 1.4.0 Licenciado a Pedro Santos														



## ANEXO 5 – RELATÓRIO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO



Direção-Geral de Energia e Geologia

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico

Sumário

Instalação em Alvites (Mirandela)

17,2 m² de módulos Schüco MPE 100 AL 01

montagem fixa com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência: 1,2 kW (nominal)

energia solar incidente: 29 891 kWh/ano

produção fotovoltaica potencial (DC): 2 021 kWh/ano

perdas de sistema (DC): -54 kWh/ano

perdas e consumos parasíticos (AC): -117 kWh/ano

produção (AC): 1 751 kWh/ano

autoconsumo (AC): 328 kWh/ano

Índices de desempenho

produtividade técnica: 1454 kWh/kW instalado

aproveitamento: 273 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 89% (performance ratio)

i.e. 6% da energia incidente

necessidades cobertas: 22%

Local e clima

NUTS III: Alto Trás-os-Montes

Município: Mirandela

Local: Alvites

elevação: Alto Trás-os-Moalbede: 2%

obstruções do horizonte

azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico

Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 12 módulos Schüco MPE 100 AL 01 (17,2 m²) com inclinação 35° e orientação 0°.

Potência nominal da instalação 1,2 kW; módulos organizados em 1 fileiras (strings). A tensão máxima é 83 V.

Degradação máxima do rendimento dos módulos: 1,0% por ano (informação não utilizada em cálculos).

Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.

Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.

Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.

Bloco de Inversão e controlo geral - 95% eficiência com eficiência 95,0% (definição Europeia).

Perdas de 1,0% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.

Sem consumos parasíticos.

Sistema explorado em regime de autoconsumo.

Aproveitamento do recurso solar

radiação solar directa

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
horizontal (à superfície)	2,8	4,9	8,7	11,2	13,5	17,6	18,9	16,5	11,1	5,9	3,2	2,1	9,7 kWh/m².dia
incidente nos módulos	5,8	8,4	11,9	12,5	12,9	15,7	17,4	17,3	14,1	9,2	6,3	4,8	11,4 kWh/m².dia
absorvida pelos módulos	5,8	8,3	11,7	12,2	12,7	15,4	17,0	16,9	13,9	9,1	6,2	4,7	11,2 kWh/m².dia

radiação solar global

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
no topo da atmosfera	14,4	19,8	27,2	34,5	39,6	41,8	40,6	36,2	29,7	22,2	15,8	12,8	27,9 kWh/m².dia
na horizontal (à superfície)	6,3	9,5	14,6	18,6	22,6	26,4	26,2	23,6	17,5	11,0	7,0	5,0	15,7 kWh/m².dia
incidente nos módulos	9,8	13,6	18,5	20,2	22,1	24,5	24,9	24,8	21,2	14,9	10,7	8,0	17,8 kWh/m².dia
absorvida pelos módulos	9,5	13,2	17,9	19,5	21,2	23,6	24,0	24,0	20,5	14,5	10,4	7,8	17,2 kWh/m².dia

Desempenho energético

temperatura

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
ambiente (média diária)	5,9	7,4	9,9	11,8	15,4	20,2	23,6	23,5	20,3	14,8	9,8	7,1	14,1 °C
nos módulos (média diurna)	20,6	23,5	29,5	29,7	33,7	40,4	46,3	51,9	47,9	37,9	30,6	22,3	34,5 °C

energia

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
radiação solar incidente	1 409	1 757	2 640	2 784	3 139	3 370	3 549	3 539	2 991	2 141	1 482	1 151	29 891 kWh
produção fotovoltaica (DC)	98	122	181	190	213	234	235	235	196	146	102	79	2 021 kWh
perdas do sistema (DC)	-3	-3	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-94 kWh
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh
outras perdas (AC)	-6	-7	-10	-11	-12	-14	-14	-14	-11	-8	-6	-5	-117 kWh
produção disponível (AC)	84	106	157	164	185	202	204	203	170	126	88	68	1 751 kWh
necessidades do edifício (AC)	126	113	125	121	126	125	125	126	120	126	122	124	1 476 kWh
autoconsumo (AC)	17	21	27	30	36	38	36	34	30	24	18	16	328 kWh
passível de remuneração, acumulado (AC)	67	151	281	415	564	728	895	1 064	1 204	1 306	1 377	1 429	1 429 kWh

Avaliação do desempenho

rendimento global: 6% da energia incidente

produtividade técnica: 1454 kWh/kW instalado

rendimento relativo: 89% (performance ratio)

i.e. 102 kWh/m² instalado

exploração real: 273 kWh/kW instalado

i.e. 19 kWh/m² instalado

(sistema provavelmente sobredimensionado)

Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)

Potência do sistema: 1,2 kW

1 751 kWh > 1 476 kWh

Passível de remuneração: 1 429 kWh

- deve ser menor que a potência contratada

[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo

Licenciado a Pedro Santos

16/11/2016 11:56

## ANEXO 6 – FOLHAS DE CÁLCULO ITECONS DO BALANÇO ENERGÉTICO DA MORADIA UNIFAMILIAR

Folha de Cálculo A				TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C	PAREDES EXTERIORES	Área A m²	U <sub>ref</sub> W/m².°C	U.A W/°C
PDE1	51,48	0,25	12,87	correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil	31,89	0,35	11,16
PDE1	0,38	0,25	0,10	PDE1	51,48	0,35	18,02
PDE1	83,33	0,25	20,83	PDE1	0,38	0,35	0,13
PDE1	16,05	0,25	4,16	PDE1	83,33	0,35	29,17
PTPPDE1	4,08	0,30	1,22	PDE1	16,05	0,35	5,83
PTPPDE1	6,46	0,30	1,94	PTPPDE1	4,08	0,35	1,43
PTPPDE1	1,17	0,30	0,35	PTPPDE1	6,46	0,35	2,26
PDE2	5,35	0,25	1,34	PTPPDE1	1,17	0,35	0,41
PTPPDE2	4,31	0,29	1,25	PDE2	5,35	0,35	1,87
PTPPDE2	0,10	0,29	0,03	PTPPDE2	4,31	0,35	1,51
PDE3	4,12	0,25	1,03	PTPPDE2	0,10	0,35	0,04
PDE3	7,67	0,25	1,92	PDE3	4,12	0,35	1,44
PDE3	6,31	0,25	1,58	PDE3	7,67	0,35	2,68
PTPPDE3	0,50	0,30	0,15	PDE3	6,31	0,35	2,21
PTPPDE3	2,99	0,30	0,90	PTPPDE3	0,50	0,35	0,18
PTPPDE3	1,84	0,30	0,55	PTPPDE3	2,99	0,35	1,05
PDE4	0,19	0,18	0,03	PTPPDE3	1,84	0,35	0,64
PDE4	0,36	0,18	0,06	PDE4	0,19	0,35	0,07
PDE4	0,19	0,18	0,03	PDE4	0,36	0,35	0,13
PDE4	0,36	0,18	0,06	PDE4	0,19	0,35	0,07
PTPPDE4	0,36	0,59	0,21	PDE4	0,36	0,35	0,13
PTPPDE4	0,25	0,59	0,15	PTPPDE4	0,36	0,35	0,13
PTPPDE4	0,60	0,59	0,35	PTPPDE4	0,25	0,35	0,09
PTPPDE4	0,38	0,59	0,22	PTPPDE4	0,60	0,35	0,21
PTPPDE4	3,64	0,59	2,15	PTPPDE4	0,38	0,35	0,13
PTPPDE4	1,41	0,59	0,83	PTPPDE4	3,64	0,35	1,27
PTPPDE4	2,08	0,59	1,23	PTPPDE4	1,41	0,35	0,49
				PTPPDE4	2,08	0,35	0,73
TOTAL			55,56	TOTAL			83,46
PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
PVE1	16,88	0,20	3,38	PVE1	16,88	0,30	5,06
TOTAL			3,38	TOTAL			5,06
COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR				COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR			
CBE1	2,29	0,16	0,37	CBE1	2,29	0,30	0,69
CBE2	9,34	0,28	2,62	CBE2	9,34	0,30	2,80
CBE3	48,11	0,13	6,25	CBE3	48,11	0,30	14,43
CBE4	93,75	0,19	17,81	CBE4	93,75	0,30	28,13
CBE5	50,71	0,19	9,63	CBE5	50,71	0,30	15,21
TOTAL			36,68	TOTAL			61,26
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES				VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES			
1 (VE1)	3,78	1,80	6,80	1 (VE1)	2,33	2,20	5,12
2 (VE1)	1,44	1,80	2,59	2 (VE1)	0,89	2,20	1,95
3 (VE2)	0,96	2,00	1,92	3 (VE2)	0,59	2,20	1,30
4 (VE3)	3,96	2,00	7,92	4 (VE3)	2,44	2,20	5,37
5 (VE1)	3,15	1,80	5,67	5 (VE1)	1,94	2,20	4,27
6 (VE1)	13,80	1,80	24,84	6 (VE1)	8,50	2,20	18,70
7 (VE1)	6,62	1,80	11,92	7 (VE1)	4,08	2,20	8,97
8 (VE1)	6,62	1,80	11,92	8 (VE1)	4,08	2,20	8,97
9 (VE1)	4,73	1,80	8,51	9 (VE1)	2,91	2,20	6,41
10 (VE2)	5,98	2,00	11,96	10 (VE2)	3,68	2,20	8,10
11 (VE3)	2,58	2,00	5,16	11 (VE3)	1,59	2,20	3,50
12 (VE1)	2,10	1,80	3,78	12 (VE1)	1,29	2,20	2,85
13 (VE1)	2,10	1,80	3,78	13 (VE1)	1,29	2,20	2,85

14 (VE1)	2,40	1,80	4,32	14 (VE1)	1,48	2,20	3,25
15 (VE1)	4,14	1,80	7,45	15 (VE1)	2,55	2,20	5,61
16 (VE1)	2,06	1,80	3,71	16 (VE1)	1,27	2,20	2,79
17 (VE1)	5,40	1,80	9,72	17 (VE1)	3,33	2,20	7,32
18 (VE1)	5,40	1,80	9,72	18 (VE1)	3,33	2,20	7,32
19 (VE1)	2,80	1,80	5,04	19 (VE1)	1,72	2,20	3,79
20 (VE1)	2,31	1,80	4,16	20 (VE1)	1,42	2,20	3,13
21 (VE4)	0,69	2,17	1,50	21 (VE4)	0,42	2,20	0,93
TOTAL			152,39	TOTAL			112,49

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C	VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C
VOE1	3,31	0,85	2,81	VOE1	3,31	0,35	1,16
TOTAL			2,81	TOTAL			1,16

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C	PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	ψ W/m.°C	ψ.B W/°C
Fachada com varanda	9,69	0,87	8,43	Fachada com varanda	9,69	0,50	4,85
Fachada com varanda	2,85	0,36	1,03	Fachada com varanda	2,85	0,50	1,43
Fachada com cobertura	15,35	0,64	9,82	Fachada com cobertura	15,35	0,50	7,68
Fachada com cobertura	3,60	0,53	1,91	Fachada com cobertura	3,60	0,50	1,80
Fach. com pavimentos térmicos	5,60	0,58	3,25	Fach. com pavimentos térmicos	5,60	0,50	2,80
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	75,50	0,27	20,39	Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	75,50	0,50	37,75
Fachada com pavimento intermédio	25,45	0,16	4,07	Fachada com pavimento intermédio	25,45	0,50	12,73
Fachada com pavimento intermédio	10,13	0,25	2,53	Fachada com pavimento intermédio	10,13	0,50	5,07
Fachada com cobertura	66,48	0,34	22,60	Fachada com cobertura	66,48	0,50	33,24
Dois paredes verticais em ângulo saliente	24,98	0,17	4,25	Dois paredes verticais em ângulo saliente	24,98	0,40	9,99
Zona da caixa de estores	31,25	0,89	27,81	Zona da caixa de estores	31,25	0,20	6,25
Fachada com caixilharia	172,53	0,28	48,31	Fachada com caixilharia	172,53	0,20	34,51
TOTAL			154,40	TOTAL			158,07

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{se}$	405,21	W/°C	Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{se}$	421,51	W/°C
--	--------	------	--	--------	------

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR					A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
PDI1	6,56	0,47	0,60	1,85	PDI1	6,56	0,60	0,60	2,36
PDI2	13,08	0,34	0,60	2,67	PDI2	13,08	0,60	0,60	4,71
PDI3	6,96	0,28	0,90	1,75	PDI3	6,96	0,35	0,90	2,19
PDI3	11,60	0,28	0,80	2,60	PDI3	11,60	0,35	0,80	3,25
PDI4	0,12	0,25	1,00	0,03	PDI4	0,12	0,35	1,00	0,04
PTPPDI1	1,23	0,35	1,00	0,43	PTPPDI1	1,23	0,35	1,00	0,43
VOE1	3,76	1,97	0,60	4,44	VOE1	3,76	0,60	0,60	1,35
TOTAL				13,78	TOTAL				14,34

PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C	PAREDES EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL				0,00	TOTAL				0,00

PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C	PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
PVI1	155,71	0,43	0,60	40,17	PVI1	155,71	0,50	0,60	46,71
PVI1	8,60	0,43	0,30	1,11	PVI1	8,60	0,50	0,30	1,29
PVI2	7,21	0,22	1,00	1,59	PVI2	7,21	0,30	1,00	2,16
TOTAL				42,87	TOTAL				50,17

COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C	COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS)	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
CB11	3,85	0,30	0,80	1,04	CB11	3,85	0,30	0,80	1,04
CB12	0,41	0,17	0,80	0,06	CB12	0,41	0,30	0,80	0,10
TOTAL				1,10	TOTAL				1,14

VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C	VÃOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m²	U W/m².°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
--	--------------	--------------	-----------------	-----------------------------	--	--------------	--------------	-----------------	-----------------------------





## Folha de Cálculo B

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

## B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{rcl}
 & 1 & \\
 & - & \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,I} & \boxed{0,0075} & \\
 & \times & \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{300} & \text{m}^3/\text{h} \\
 & \div & \\
 R_{ph,I} \cdot A_p \cdot P_d & \boxed{372,54} & \text{m}^3/\text{h} \\
 & = & \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{0,99} & \\
 & \times & \\
 & 0,34 & \\
 & \times & \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,I} & \boxed{0,56} & \text{h}^{-1} \\
 & \times & \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{255,67} & \text{m}^2 \\
 & \times & \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,60} & \text{m} \\
 & = & \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,I} & \boxed{125,90} & \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

## B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{array}{rcl}
 & 1 & \\
 & - & \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,V} & \boxed{0,0075} & \\
 & \times & \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} & \boxed{300} & \text{m}^3/\text{h} \\
 & \div & \\
 R_{ph,V} \cdot A_p \cdot P_d & \boxed{399,15} & \text{m}^3/\text{h} \\
 & = & \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} & \boxed{0,99} & \\
 & \times & \\
 & 0,34 & \\
 & \times & \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,V} & \boxed{0,60} & \text{h}^{-1} \\
 & \times & \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{255,67} & \text{m}^2 \\
 & \times & \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d & \boxed{2,60} & \text{m} \\
 & = & \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,V} & \boxed{134,94} & \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

## B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{array}{rcl}
 & 0,34 & \\
 & \times & \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } l_{ph,I,REF} & \boxed{0,56} & \text{h}^{-1} \\
 & \times & \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p & \boxed{255,67} & \text{m}^2 \\
 & \times & \\
 \text{Pé direito médio da fração } F_d & \boxed{2,60} & \text{m} \\
 & = & \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } l_{ve,I,REF} & \boxed{126,66} & \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

## Folha de Cálculo C

## GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

## C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & 0,72 \\
 & \times \\
 & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} = \frac{4}{\text{m}^2} \text{ W/m}^2 \\
 & \times \\
 & \text{Duração da estação de aquecimento } M = \frac{7,30}{\text{meses}} \\
 & \times \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{255,67}{\text{m}^2} \\
 & = \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},j} = \frac{5375,21}{\text{kWh/ano}}
 \end{aligned}$$

## C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $B_i$	Área $A_w$ $\text{m}^2$	Factor de Obstrução $F_{o,i}=F_{N,i}, F_{o,j}, F_{o,l}$	Fracção Envidraçada $F_g$	Área efectiva colectora $A_{e,i}=A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_g \cdot B_i$ $\text{m}^2$	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ $\text{m}^2$
1 (VE1)	Este	0,47	3,78	0,58	0,70	0,71	0,56	0,40
2 (VE1)	Este	0,47	1,44	0,72	0,70	0,34	0,56	0,19
3 (VE2)	Este	0,47	0,96	0,86	0,70	0,27	0,56	0,15
4 (VE3)	Este	0,47	3,96	0,35	0,70	0,45	0,56	0,35
5 (VE1)	Sul	0,47	3,15	0,35	0,70	0,36	1,00	0,36
6 (VE1)	Sul	0,47	13,80	0,40	0,70	1,82	1,00	1,82
7 (VE1)	Sul	0,47	6,62	0,63	0,70	1,36	1,00	1,36
8 (VE1)	Sul	0,47	6,62	0,57	0,70	1,25	1,00	1,25
9 (VE1)	Sul	0,47	4,73	0,52	0,70	0,81	1,00	0,81
10 (VE2)	Sul	0,47	5,98	0,70	0,70	1,38	1,00	1,38
11 (VE3)	Sul	0,47	2,58	0,69	0,70	0,58	1,00	0,58
12 (VE1)	Oeste	0,47	2,10	0,67	0,70	0,46	0,56	0,26
13 (VE1)	Oeste	0,47	2,10	0,67	0,70	0,46	0,56	0,26
14 (VE1)	Oeste	0,47	2,40	0,72	0,70	0,57	0,56	0,32
15 (VE1)	Norte	0,47	4,14	0,90	0,70	1,22	0,27	0,37
16 (VE1)	Norte	0,47	2,06	0,90	0,70	0,61	0,27	0,18
17 (VE1)	Norte	0,47	5,40	0,90	0,70	1,59	0,27	0,48
18 (VE1)	Norte	0,47	5,40	0,90	0,70	1,59	0,27	0,48
19 (VE1)	Norte	0,47	2,80	0,90	0,70	0,83	0,27	0,25
20 (VE1)	Norte	0,47	2,31	0,90	0,70	0,68	0,27	0,20
21 (VE4)	Horizontal	0,47	0,69	0,90	0,70	0,20	0,89	0,18
TOTAL								11,62

Em nenhum caso o produto  $X_i \cdot F_{o,i} \cdot F_g$  deve ser menor que 0,27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_{o,i} \cdot F_g$  deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno $B_i$	Área $A_w$ $\text{m}^2$	Factor de Obstrução $F_{o,i}=F_{N,i}, F_{o,j}, F_{o,l}$	Fracção Envidraçada $F_g$	Área efectiva colectora $A_{e,i}=A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_g \cdot B_i$ $\text{m}^2$	Factor de Orientação $X$	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ $\text{m}^2$
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL								0,00

No cálculo de  $g_{\text{int}}$  e  $g_{\text{ext}}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{\perp, \text{vid}}$ , afectado do factor de seletividade angular  $F_{w,i}$ .

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul  $\frac{11,62}{\text{m}^2}$

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{\text{sol}} = \frac{125}{\text{kWh/m}^2 \cdot \text{mês}}$

Duração da estação de aquecimento  $M$   meses  
 $=$   
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,j}$   kWh/ano

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,j}$   kWh/ano  
 $+$   
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,j}$   kWh/ano  
 $=$   
 Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,j}$   kWh/ano

### C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sol}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês  
 $\times$   
 $0,182$   
 $\times$   
 $0,2$   
 $\times$   
 Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
 $\times$   
 Duração da estação de aquecimento  $M$   meses  
 $=$   
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,j}$   kWh/ano  
 $+$   
 Ganhos internos brutos  $Q_{int,j}$   kWh/ano  
 $=$   
 Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,j}$   kWh/ano

Folha de Cálculo D														
GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO														
D.1 - GANHOS INTERNOS														
Ganhos internos médios $q_{int}$				4		W/m <sup>2</sup>								
Duração da estação de arrefecimento $t_a$				2528		horas								
Área útil de pavimento $A_{pav}$				255,67		m <sup>2</sup>								
Ganhos internos brutos $Q_{int,br}$				2594,41		kWh/ano								
D.2 - GANHOS SOLARES														
VÃOS ENVIDRAÇADOS														
Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{sw}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activos $F_{mv}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. Et	FS Global Prot. Perm. Et	FS de Versão $E_{s,ver} = F_{mv} E_{t,ver} + (1 - F_{mv}) E_{t,per}$	Área efectiva $A_{se} = A_{se} F_g F_{sw}$	Factor de Obstrução $F_{ob} = F_{ob} F_{mv} F_{t,ver}$	Intensidade da Radiação $I_{se}$	$I_{se} F_{ob} A_{se}$	
1 (VE1)	Este	3,78	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,44	0,20	0,53	0,57	480,00	146,58	
2 (VE1)	Este	1,44	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,44	0,20	0,20	0,88	480,00	85,50	
3 (VE2)	Este	0,96	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,26	0,44	0,33	0,22	0,90	480,00	96,61	
4 (VE3)	Este	3,96	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,44	0,20	0,56	0,59	480,00	158,21	
5 (VE1)	Sul	3,15	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,39	0,18	0,40	0,38	425,00	64,79	
6 (VE1)	Sul	13,80	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,39	0,18	1,74	0,46	425,00	341,72	
7 (VE1)	Sul	6,62	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,39	0,18	0,83	0,56	425,00	198,62	
8 (VE1)	Sul	6,62	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,39	0,18	0,83	0,56	425,00	198,62	
9 (VE1)	Sul	4,73	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,39	0,18	0,60	0,56	425,00	141,51	
10 (VE2)	Sul	5,98	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,26	0,39	0,31	1,11	0,61	425,00	337,60	
11 (VE3)	Sul	2,58	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,39	0,18	0,33	0,59	425,00	81,36	
12 (VE1)	Deste	2,30	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,44	0,20	0,30	0,64	480,00	90,46	
13 (VE1)	Deste	2,30	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,44	0,20	0,30	0,75	480,00	105,62	
14 (VE1)	Deste	2,40	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,44	0,20	0,34	0,84	480,00	125,27	
15 (VE1)	Norte	4,34	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,42	0,42	1,21	0,90	220,00	238,70	
16 (VE1)	Norte	2,06	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,42	0,42	0,60	0,90	220,00	118,77	
17 (VE1)	Norte	5,40	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,42	0,42	1,57	0,90	220,00	311,35	
18 (VE1)	Norte	5,40	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,42	0,42	1,57	0,90	220,00	311,35	
19 (VE1)	Norte	2,80	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,42	0,42	0,82	0,90	220,00	161,44	
20 (VE1)	Norte	2,31	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,42	0,42	0,67	0,90	220,00	133,19	
21 (VE4)	Horizontal	0,69	Duplo	0,70	0,90	0,90	0,26	0,47	0,28	0,14	0,90	790,00	96,43	
TOTAL													3554,20	
Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{sw}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activos $F_{mv}$	FS de Versão do vão interior $R_{int}$	FS de Versão do vão do ENU $R_{enu}$	$R_{int} R_{enu}$	Área efectiva $A_{se} = A_{se} F_g F_{sw}$	Factor de Obstrução $F_{ob} = F_{ob} F_{mv} F_{t,ver}$	Intensidade da Radiação $I_{se}$	$I_{se} F_{ob} A_{se}$	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Admitir-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que $R_{int} = 1$ e $R_{enu} = 1$ . Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de protecção solar permanentes o Factor solar do ENU é igual a 1.												TOTAL	0,00	
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA														
PAREDE EXTERIOR				Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{se}$	U	$R_{se}$		Área efectiva $A_{se} = A_{se} U_{se} R_{se}$	Factor de Obstrução $F_{ob}$	Intensidade da Radiação $I_{se}$	$I_{se} F_{ob} A_{se}$	
						m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W		m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano	
				PDE1	Deste	0,40	51,48	0,25		0,21	1,00	480,00	98,84	
				PDE1	Sul	0,40	0,38	0,25		0,00	1,00	425,00	0,85	
				PDE1	Este	0,40	83,33	0,25		0,33	1,00	480,00	159,99	
				PDE1	Norte	0,40	16,65	0,25		0,07	1,00	220,00	14,65	
				PTPPDE1	Deste	0,40	4,08	0,30		0,02	1,00	480,00	9,40	
				PTPPDE1	Este	0,40	6,46	0,30		0,03	1,00	480,00	14,88	
				PTPPDE1	Norte	0,40	1,17	0,30		0,01	1,00	220,00	1,24	
				PDE2	Este	0,08	5,35	0,25		0,00	1,00	480,00	2,05	
				PTPPDE2	Este	0,08	4,31	0,29		0,00	1,00	480,00	1,92	
				PTPPDE2	Deste	0,08	0,10	0,29		0,00	1,00	480,00	0,04	
				PDE3	Deste	0,50	4,12	0,25		0,02	1,00	480,00	9,89	
				PDE3	Sul	0,50	7,67	0,25		0,04	1,00	425,00	16,30	
				PDE3	Norte	0,50	6,31	0,25		0,03	1,00	220,00	6,94	
				PTPPDE3	Deste	0,50	0,50	0,30	0,04	0,00	1,00	480,00	1,44	
				PTPPDE3	Sul	0,50	2,99	0,30		0,02	1,00	425,00	7,62	
				PTPPDE3	Norte	0,50	1,84	0,30		0,01	1,00	220,00	2,43	
				PDE4	Deste	0,40	0,19	0,18		0,00	1,00	480,00	0,26	
				PDE4	Sul	0,40	0,36	0,18		0,00	1,00	425,00	0,44	
				PDE4	Este	0,40	0,19	0,18		0,00	1,00	480,00	0,26	
				PDE4	Norte	0,40	0,36	0,18		0,00	1,00	220,00	0,23	
				PTPPDE4	Deste	0,30	0,36	0,59		0,00	1,00	480,00	0,41	
				PTPPDE4	Deste	0,20	0,25	0,59		0,00	1,00	480,00	0,57	
				PTPPDE4	Deste	0,13	0,60	0,59		0,00	1,00	480,00	0,85	
				PTPPDE4	Sul	0,30	0,38	0,59		0,00	1,00	425,00	0,38	
				PTPPDE4	Sul	0,13	3,64	0,59		0,01	1,00	425,00	4,56	
				PTPPDE4	Norte	0,10	1,41	0,59		0,00	1,00	220,00	0,73	
				PTPPDE4	Norte	0,13	2,08	0,59		0,01	1,00	220,00	1,35	
TOTAL													358,34	
COBERTURA EXTERIOR				Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{se}$	U	$R_{se}$		Área efectiva $A_{se} = A_{se} U_{se} R_{se}$	Factor de Obstrução $F_{ob}$	Intensidade da Radiação $I_{se}$	$I_{se} F_{ob} A_{se}$	
						m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W		m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano	
				CBE1		0,40	2,29	0,18		0,01			4,83	
				CBE2		0,40	9,34	0,28		0,04			33,06	
				CBE3	Horizontal	0,40	48,11	0,12	0,04	0,09	1,00	790,00	72,97	
				CBE4		0,40	93,75	0,18		0,27			213,30	
				CBE5		0,40	50,71	0,19		0,15			121,79	
TOTAL													445,75	
COBERTURAS INTERIORES				Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{se}$	U	$R_{se}$		Área efectiva $A_{se} = A_{se} U_{se} R_{se}$	Factor de Obstrução $F_{ob}$	Intensidade da Radiação $I_{se}$	$I_{se} F_{ob} A_{se}$	
						m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W		m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano	
				CB1	Horizontal	-	-	-	0,04	-	-	1,00	790,00	-
				CB2		-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL													0,00	
VÃOS OPACOS EXTERIORES				Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{se}$	U	$R_{se}$		Área efectiva $A_{se} = A_{se} U_{se} R_{se}$	Factor de Obstrução $F_{ob} = F_{ob} F_{mv} F_{t,ver}$	Intensidade da Radiação $I_{se}$	$I_{se} F_{ob} A_{se}$	
						m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W		m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano	
				VOE1	Norte	0,40	3,31	0,85	0,04	0,05	0,90	220,00	8,91	
													8,91	
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada										3554,20	kWh/ano			
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca										813,00	kWh/ano			
Ganhos Solares Brutos $Q_{sol,br}$										4367,20	kWh/ano			



## D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{\text{int,br}}$	2594,41	kWh/ano
+		
Ganhos solares brutos $Q_{\text{sol,br}}$	4367,20	kWh/ano
=		
Ganhos térmicos brutos $Q_{\text{t,br}}$	7361,61	kWh/ano

## D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios $q_{\text{int}}$	4	W/m <sup>2</sup>
×		
Duração da Estação de Aquecimento $t_{\text{a}}$	2528	horas
±		
	1000	
×		
factor solar de verão de referência $p_{\text{sol}}$	0,43	
×		
$A_{\text{u}}/A_{\text{p}}$	0,2	
×		
Radiação solar média de referência $I_{\text{sol,ref}}$	480	kWh/m <sup>2</sup> .ano
=		
	52,59	kWh/m <sup>2</sup> .ano
×		
Área útil de Pavimento $A_{\text{p}}$	255,67	m <sup>2</sup>
=		
Ganhos de calor brutos na estação de aquecimento $Q_{\text{g,ref}}$	13548,46	kWh/ano

Folha de Cálculo E		LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR		E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$ <input type="text" value="484,43"/> W/°C + Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ar}$ <input type="text" value="125,90"/> W/°C = Coeficiente de transferência de calor $H_{t+ar}$ <input type="text" value="610,33"/> W/°C		Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$ <input type="text" value="504,34"/> W/°C + Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ar,REF}$ <input type="text" value="126,66"/> W/°C = Coeficiente de transferência de calor $H_{t+ar,REF}$ <input type="text" value="631,00"/> W/°C	
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO		E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA	
0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD <input type="text" value="1 906"/> °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$ <input type="text" value="484,43"/> W/°C = Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr}$ <input type="text" value="22 157,47"/> kWh/ano		0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD <input type="text" value="1 906"/> °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$ <input type="text" value="504,34"/> W/°C = Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,REF}$ <input type="text" value="23067,98"/> kWh/ano	
E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR		E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD <input type="text" value="1 906"/> °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ar}$ <input type="text" value="125,90"/> W/°C = Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ar}$ <input type="text" value="5 758,43"/> kWh/ano		0,024 x Número de graus-dias de aquecimento GD <input type="text" value="1 906"/> °C.dias x Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ar,REF}$ <input type="text" value="126,66"/> W/°C = Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ar,REF}$ <input type="text" value="5793,42"/> kWh/ano	
E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS		E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Inércia do edifício <input type="text" value="Forte"/> Ganhos térmicos brutos $Q_{gb}$ <input type="text" value="15976,26"/> kWh/ano = Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr+ar}$ <input type="text" value="27915,90"/> kWh/ano = parâmetro $V$ <input type="text" value="0,57"/> parâmetro $ai$ <input type="text" value="4,20"/> W/°C Factor de utilização dos ganhos $\eta_g$ <input type="text" value="0,96"/> x Ganhos térmicos brutos $Q_{gb}$ <input type="text" value="15976,26"/> kWh/ano = Ganhos totais úteis $Q_{gt}$ <input type="text" value="15282,58"/> kWh/ano		Factor de utilização dos ganhos $\eta_{g,REF}$ <input type="text" value="0,6"/> x Ganhos térmicos brutos $Q_{gb,REF}$ <input type="text" value="13867,29"/> kWh/ano = Ganhos totais úteis $Q_{gt,REF}$ <input type="text" value="8320,37"/> kWh/ano	
E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO		E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr}$ <input type="text" value="22157,47"/> kWh/ano + Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ar}$ <input type="text" value="5758,43"/> kWh/ano = Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gt}$ <input type="text" value="15282,58"/> kWh/ano (folha de cálculo I.4) = Necessidades Anuais na estação de aquecimento <input type="text" value="12633,31"/> kWh/ano = Área útil de pavimento $A_p$ <input type="text" value="255,67"/> m² = Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{a,util}$ <input type="text" value="49,41"/> kWh/m².ano		Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,REF}$ <input type="text" value="23067,98"/> kWh/ano + Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ar,REF}$ <input type="text" value="5793,42"/> kWh/ano = Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gt,REF}$ <input type="text" value="8320,37"/> kWh/ano = Necessidades Anuais na estação de aquecimento <input type="text" value="20541,03"/> kWh/ano = Área útil de pavimento $A_p$ <input type="text" value="255,67"/> m² = Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{a,util,REF}$ <input type="text" value="80,34"/> kWh/m².ano	

Folha de Cálculo F	LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>	
<b>F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_t$ <input type="text" value="484,43"/> W/m².C + Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$ <input type="text" value="134,94"/> W/m².C = Coeficiente de transferência de calor $H_o$ <input type="text" value="619,37"/> W/m².C	
<b>F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_t$ <input type="text" value="484,43"/> W/m².C x $(\theta_{i,e} - \theta_{e,s,i})$ <input type="text" value="3"/> °C x Duração da Estação de Arrefecimento $L_r$ <input type="text" value="2928"/> horas ÷ 1000 = Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{p,r}$ <input type="text" value="4189,99"/> kWh/ano	
<b>F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{a,r}$ <input type="text" value="134,94"/> W/m².C x $(\theta_{i,e} - \theta_{e,s,i})$ <input type="text" value="3"/> °C x Duração da Estação de Arrefecimento $L_r$ <input type="text" value="2928"/> horas ÷ 1000 = Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento $Q_{a,r}$ <input type="text" value="1167,18"/> kWh/ano	
<b>F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>	<b>F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA</b>
Inércia do edifício <input type="text" value="Forte"/> Ganhos térmicos brutos $Q_{g,r}$ <input type="text" value="7361,61"/> kWh/ano ÷ Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{p,r} + Q_{a,r}$ <input type="text" value="5357,17"/> kWh/ano = parâmetro $\gamma_r$ <input type="text" value="1,37"/> parâmetro $a_v$ <input type="text" value="4,20"/> W/m².C Factor de utilização dos ganhos $\eta_r$ <input type="text" value="0,66"/>	
Factor de utilização dos ganhos $\eta_r$ <input type="text" value="0,76"/>	
<b>F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>	<b>F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>
$(1 - \eta_r)$ <input type="text" value="0,34"/> x Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,r}$ <input type="text" value="7361,61"/> kWh/ano ÷ Área útil de pavimento $A_p$ <input type="text" value="255,67"/> m² = Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_c$ <input type="text" value="9,70"/> kWh/m².ano	
$(1 - \eta_{r,ref})$ <input type="text" value="0,24"/> x Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,r,ref}$ <input type="text" value="13548,46"/> kWh/ano ÷ Área útil de pavimento $A_p$ <input type="text" value="255,67"/> m² = Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_r$ <input type="text" value="12,81"/> kWh/m².ano	

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_u$ kWh/m².ano	$f_u$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_n$	Factor de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>pt</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_u \cdot \delta \cdot N_u / \eta_n \cdot A_v$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_u \cdot \delta \cdot N_u \cdot F_{conv} / \eta_n$ kWh <sub>pt</sub> /m².ano
Sistema 1	Electricidade	49,41	0,80	1	4,20	2,5	2406,35	23,53
Sistema 4	Biomassa		0,20		0,75	1	9348,88	15,18
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1	2,5	0,00	0,00
TOTAL							5775,23	38,71

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{re}$ kWh/m².ano	$f_{re}$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_{re}$	Factor de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>pt</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_{re} \cdot \delta \cdot N_{re} / \eta_{re} \cdot A_v$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_{re} \cdot \delta \cdot N_{re} \cdot F_{conv} / \eta_{re}$ kWh <sub>pt</sub> /m².ano
Sistema 1	Electricidade	9,70	1,00	1	4,50	2,5	550,95	5,39
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		1	2,5	0,00	0,00
TOTAL							550,95	5,39

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQDS

SISTEMA PARA AQDS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_v$ kWh/m².ano	$f_a$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_n$	Factor de Conversão $F_{conv}$ kWh <sub>pt</sub> /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot Q_u / \eta_n$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u \cdot F_{conv} / \eta_n$ kWh <sub>pt</sub> /m².ano
Sistema 3	Electricidade	32,55	0,08	1	0,96	2,5	268,77	2,88
Sistema 2	Renovável Térmica		0,90		1,00	1	2934,00	11,35
Sistema por defeito	Electricidade		0,00		0,95	2,5	0,00	0,00
TOTAL							3222,77	34,18

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica  $W_{vm}$  kWh/ano

Área útil de Pavimento  $A_v$  m²

Factor de Conversão  $F_{vm}$  kWh<sub>pt</sub>/kWh

Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh<sub>pt</sub>/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{re}/A_v$ kWh/m².ano	Factor de Conversão $F_{re}$ kWh <sub>pt</sub> /kWh	Energia primária $E_{re} \cdot F_{re}$ kWh <sub>pt</sub> /m².ano
Sistema 2	Renovável Térmica	11,55	1	11,55
Sistema 5	Renovável Eléctrica	0,64	2,5	1,60
Sistema 6	Renovável Eléctrica	2,90	2,5	7,24
Bombas de Calor	Renovável Eléctrica	4,49	2,5	11,22
	Biomassa	33,18	1	33,18
TOTAL				64,79

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh<sub>pt</sub>/m².ano

Energia primária para arrefecimento kWh<sub>pt</sub>/m².ano

Energia primária para a produção de AQDS kWh<sub>pt</sub>/m².ano

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh<sub>pt</sub>/m².ano

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável kWh<sub>pt</sub>/m².ano

Necessidades nominais anuais globais de energia primária  $N_{pg}$  kWh<sub>pt</sub>/m².ano

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{u,ref}$ kWh/m².ano	$f_{u,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão $F_{conv,ref}$ kWh <sub>pt</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{u,ref} \cdot N_{u,ref} \cdot F_{conv,ref} / \eta_{n,ref}$ kWh <sub>pt</sub> /m².ano
Sistema 1	Electricidade	80,34	0,60	3	2,5	53,56
Sistema 4	Biomassa		0,20	1	1	15,05
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	1	2,5	0,00
TOTAL						73,62

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_{re,ref}$ kWh/m².ano	$f_{re,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{re,ref}$	Factor de Conversão $F_{conv,ref}$ kWh <sub>pt</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{re,ref} \cdot N_{re,ref} \cdot F_{conv,ref} / \eta_{re,ref}$ kWh <sub>pt</sub> /m².ano
Sistema 1	Electricidade	12,81	1,00	2,9	2,5	11,03
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	3	2,5	0,00
TOTAL						11,03

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQDS DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQDS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,ref}/A_v$ kWh/m².ano	$f_{a,ref}$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{n,ref}$	Factor de Conversão $F_{conv,ref}$ kWh <sub>pt</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_{a,ref} \cdot Q_{u,ref} \cdot F_{conv,ref} / \eta_{n,ref}$ kWh <sub>pt</sub> /m².ano
Sistema 3	Electricidade	32,35	1,00	0,95	2,5	36,70
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0,95	2,5	0,00
TOTAL						36,70

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh<sub>pt</sub>/m².ano

Energia primária para arrefecimento kWh<sub>pt</sub>/m².ano


Energia primária para a produção de AQDS kWh<sub>pt</sub>/m².ano

Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária  $N_{pg,ref}$  kWh<sub>pt</sub>/m².ano

LVIII



## ANEXO 7 – PRÉ-CERTIFICADO ENERGÉTICO


**Certificação Energética e Ar Interior**  
**EDIFÍCIOS**

**Pré-Certificado Energético**  
 Edifício de Habitação

TEMP136466228



**IDENTIFICAÇÃO POSTAL**  
 Morada BRINCO - ALVITES - MIRANDELA  
 Localidade MIRANDELA  
 Freguesia ALVITES  
 Concelho MIRANDELA  
 GPS 41.590428, -7.053823

**IDENTIFICAÇÃO PREDIAL/FISCAL**  
 Conservatória do Registo Predial Omissa  
 N° de Inscrição na Conservatória -  
 Artigo Matricial nº 0000  
 Fração Autónoma

**INFORMAÇÃO ADICIONAL**  
 Área útil de Pavimento 255,67 m²

Este certificado apresenta a classificação energética deste edifício ou fração. Esta classificação é calculada comparando o desempenho energético deste edifício nas condições atuais, com o desempenho que este obterá nas condições mínimas (com base em valores de referência ou requisitos aplicáveis para o ano assinalado) a que estão obrigados os edifícios novos. Saiba mais no site da ADENE em [www.adene.pt](http://www.adene.pt).

**INDICADORES DE DESEMPENHO**

Determinam a classe energética do edifício e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.


**Aquecimento Ambiente**  
 Referência: 39 kWh/m².ano  
 Edifício: 23 kWh/m².ano  
 Renovável: 85 %

**91% MAIS eficiente**  
 que a referência


**Arrefecimento Ambiente**  
 Referência: 4,4 kWh/m².ano  
 Edifício: 2,2 kWh/m².ano  
 Renovável: 96 %

**98% MAIS eficiente**  
 que a referência


**Água Quente Sanitária**  
 Referência: 15 kWh/m².ano  
 Edifício: 13 kWh/m².ano  
 Renovável: 92 %

**93% MAIS eficiente**  
 que a referência

**CLASSE ENERGÉTICA**

Julho 2006

Dez. 2013

Janeiro 2016

**A+** 0% a 25%
 
**A** 26% a 50%
 
**B** 51% a 75%
 
**B-** 76% a 100%
 
**C** 101% a 150%
 
**D** 151% a 200%
 
**E** 201% a 250%
 
**F** Mais de 251%
 
**A+** 16%
 
**ENERGIA RENOVÁVEL**

**81%**
**EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>**

**0,71**  
 toneladas/ano
 
 Entidade Gestora  
  
 AGÊNCIA PARA A ENERGIA
 
 Entidade Fiscalizadora  

 Direcção Geral de Energia e Geologia
 

1 de 12



## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228



### DESCRIÇÃO SUCINTA DO EDIFÍCIO OU FRAÇÃO

A fração autónoma do tipo moradia unifamiliar localizada no lugar de Brinco, freguesia de Alvites no concelho de Mirandela, com fachada principal orientada a Norte, localizada na periferia de uma zona urbana ou rural, numa zona climática I3 (aquecimento) e V3 (arrefecimento), a uma distância da costa superior a 5 km, a uma altitude de 602 m. A fração é constituída por três pisos e apresenta tipologia T4+1; compartimentada no piso -1 por garagem, zona técnica, arrumos e zona de acesso ao piso superior, compartimentada no piso 0 por hall de entrada, cozinha, sala comum, quatro quartos, um escritório, três instalações sanitárias e circulações, compartimentada no piso 1 por sala de estar e hall de acesso ao piso inferior, com uma área útil de pavimento de 255,67 m<sup>2</sup> e pé-direito médio ponderado de 2,60 m. A fração autónoma está em contacto com garagem, arrumos, zona técnica e ductos, considerados à luz da legislação em vigor, como espaços não úteis. Após o cálculo da massa superficial dos elementos construtivos conclui-se que classe de inércia térmica é forte. O sistema convencional de preparação de águas quentes sanitárias é composto por sistema solar térmico do tipo circulação forçada apoiado por um termoacumulador elétrico com capacidade de acumulação de 300 litros. O sistema de climatização será composto por bomba de calor aerotérmica do tipo ar-água, interligada a circuitos hidráulicos distribuídos pelas várias divisões que compõem a fração através de piso radiante. Para além destes sistemas, prevê-se a instalação de uma bateria de 12 módulos de coletores solares fotovoltaicos e uma mini turbina (aerogerador), ambos os sistemas com finalidade de autoconsumo. O sistema de ventilação será misto com recurso a extratores de funcionamento contínuo a instalar nas instalações sanitárias e a entrada de ar será efetuada com recurso a grelhas auto-reguláveis a instalar nas caixas de estores dos vãos envidraçados.

### COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA HABITAÇÃO

Descreve e classifica o comportamento térmico dos elementos construtivos mais representativos desta habitação. Uma classificação de 5 estrelas, expressa a referência adequada para esses elementos, tendo em conta, entre outros factores, as condições climáticas onde o edifício se localiza.

Tipo	Descrição das Principais Soluções	Classificação
PAREDES	Parede simples com isolamento térmico pelo exterior	★★★★★
	Parede simples com isolamento térmico pelo interior	★★★★★
COBERTURAS	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior	★★★★★
	Cobertura inclinada com isolamento nas vertentes inclinadas	★★★★★
PAVIMENTOS	Pavimento com isolamento térmico pelo interior	★★★★☆
	Pavimento interior com isolamento térmico pelo exterior	★★★★★
JANELAS	Janela Simples com Caixilharia metálica com corte térmico com vidro duplo e com proteção solar pelo exterior	★★★★★

A classificação de janelas, inclui o contributo de eventuais dispositivos de oclusão noturna.

Pior ☆☆☆☆☆  
Melhor ★★★★★

### PERDAS E GANHOS DE CALOR DA HABITAÇÃO

Os elementos construtivos contribuem para o consumo de energia associado à climatização e para o conforto na habitação. A informação apresentada, indica o contributo desses elementos, bem como, os locais onde ocorrem perdas e ganhos de calor.



Entidade Gestora



Entidade Fiscalizadora







Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS

## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228



### PROPOSTAS DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

Face ao reduzido potencial de melhoria, não são propostas quaisquer medidas no âmbito do processo de certificação energética

### CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA

Não foram identificadas medidas de melhoria.

### RECOMENDAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS

Os sistemas técnicos dos edifícios de habitação, com especial relevância para os equipamentos responsáveis pela produção de águas quentes sanitárias, aquecimento e arrefecimento são determinantes no consumo de energia. Face a essa importância é essencial que sejam promovidas, com regularidade, ações que assegurem o correto funcionamento desses equipamentos, especialmente em sistemas com caldeiras que produzam água quente sanitária e/ou aquecimento, bem como sistemas de ar condicionado. Neste sentido, é recomendável que sejam realizadas ações de manutenção e inspeção regulares a esses sistemas, por técnicos qualificados. Estas ações contribuem para manter os sistemas regulados de acordo com as suas especificações, garantir a segurança e o funcionamento otimizado do ponto de vista energético e ambiental.

Nas situações de aquisição de novos equipamentos ou de substituição dos atuais, deverá obter, através de um técnico qualificado, informação sobre o dimensionamento e características adequadas em função das necessidades. A escolha correta de um equipamento permitirá otimizar os custos energéticos e de manutenção durante a vida útil do mesmo.

Estas recomendações foram produzidas pela ADENE - Agência para a energia. Caso necessite de obter mais informações sobre como melhorar o desempenho dos seus equipamentos, contacte esta agência ou um técnico qualificado.

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral  
de Energia e Geologia

3 de 12



## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228



### DEFINIÇÕES

**Energia Renovável** - Energia proveniente de recursos naturais renováveis como o sol, vento, água, biomassa, geotermia entre outras, cuja utilização para suprimento dos diversos usos no edifício contribui para a redução do consumo de energia fóssil deste.

**Emissões CO<sub>2</sub>** - Indicador que traduz a quantidade de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera em resultado do consumo de energia nos diversos usos considerados no edifício.

**Valores de Referência** - Valores que expressam o desempenho energético dos elementos construtivos ou sistemas técnicos e que conduzem ao cenário de referência determinado para efeito de comparação com o edifício real.

**Condições Padrão** - Condições consideradas na avaliação do desempenho energético do edifício, admitindo-se para este efeito, uma temperatura interior de 18°C na estação de aquecimento e 25°C na estação de arrefecimento, bem como o aquecimento de uma determinada quantidade de água quente sanitária, em função da tipologia da habitação.

### INFORMAÇÃO ADICIONAL

Tipo de Certificado Novo

Nome do PQ PEDRO ANDRÉ CARDOSO DOS SANTOS

Número do PQ PQ02035

Data de Emissão

Morada Alternativa Brinco - Alvites - Mirandela, ,



Distribuição de classes energéticas relativas aos certificados emitidos no período compreendido entre dez-2013 a out-2016 e respeitantes aos edifícios de tipologia habitação.

### NOTAS E OBSERVAÇÕES

A classe energética foi determinada com base na comparação do desempenho energético do edifício nas condições em que este se encontra, face ao desempenho que o mesmo teria com uma envolvente e sistemas técnicos de referência. Considera-se que os edifícios devem garantir as condições de conforto dos ocupantes, pelo que, caso não existam sistemas de climatização no edifício/fração, assume-se a sua existência por forma a permitir comparações objetivas entre edifícios.

Os consumos efetivos do edifício/fração podem divergir dos consumos previstos neste certificado, pois dependem da ocupação e padrões de comportamento dos utilizadores.

O presente Pré-Certificado Energético foi elaborado exclusivamente para ser parte integrante da Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana, intitulada por "NZEB – Nearly Zero Energy Building: Metodologias para Implementação dos NZEB – Aplicação a Edifício Unifamiliar Novo". O Pré-Certificado Energético não apresenta validade legal, tendo sido elaborado pelo autor da Dissertação no Portal online da ADENE reservado para Peritos Qualificados do SCE.

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral  
de Energia e Geologia

4 de 12





**Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS**

## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228



Esta secção do certificado energético apresenta, em detalhe, os elementos considerados pelo Perito Qualificado no processo de certificação do edifício/fração. Esta informação encontra-se desagregada entre os principais indicadores energéticos e dados climáticos relativos ao local do edifício, bem como as soluções construtivas e sistemas técnicos identificados em projeto e/ou durante a visita ao imóvel. As soluções construtivas e sistemas técnicos encontram-se caracterizados tendo por base a melhor informação recolhida pelo Perito Qualificado e apresentam uma indicação dos valores referenciais ou limites admissíveis (quando aplicáveis).

RESUMO DOS PRINCIPAIS INDICADORES			DADOS CLIMÁTICOS	
Sigla	Descrição	Valor / Referência	Descrição	Valor
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano)	49,4 / 80,3	Altitude	602 m
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano)	9,7 / 12,8	Graus-dia (18° C)	1906
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	3.209,0 / 3.566,0	Temperatura média exterior (I / V)	5,8 / 22,0 °C
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	788,0	Zona Climática de inverno	I3
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis para usos regulados (kWh/ano)	12.149,0 / 2.149,0*	Zona Climática de verão	V3
Eren, ext	Energia produzida a partir de fontes renováveis para outros usos (kWh/ano)	904,0	Duração da estação de aquecimento	7,3 meses
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh <sub>ep</sub> /m².ano)	19,1 / 119,3	Duração da estação de arrefecimento	4,0 meses

\* respeitante à contribuição mínima a que estão sujeitos os edifícios novos ou grandes intervenções, quando aplicável

### PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coeficiente de Transmissão Térmica* [W/m².°C]		
		Solução	Referência	Máximo
<b>Paredes</b>				
Parede exterior em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 42,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m².°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m².°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m².°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m².°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, pintado à cor clara (coeficiente de absorção=0,4) e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m².°C/W).	17 N 51 83 0.4	0,25 *****	0,35	0,35
Parede exterior em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS em fachada ventilada, com espessura total de 49,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m².°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m².°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m².°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m².°C/W); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m².°C/W); espaço de ar ventilado; revestimento exterior em régua de madeira maciça IPE de cor escura (coeficiente de absorção=0,8).	N 5.4	0,25 *****	0,35	0,35
Parede exterior em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 44,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m².°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m².°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m².°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m².°C/W); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m².°C/W); revestimento exterior em material cerâmico vermelho flamejado com 2 cm de espessura (R=0,015 m².°C/W) de cor média (coeficiente de absorção=0,5).	6.3 N 4.1 7.7	0,25 *****	0,35	0,35

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral  
de Energia e Geologia

5 de 12



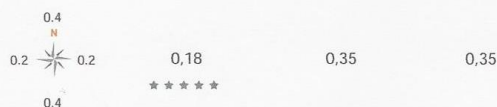
**Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS**

## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228



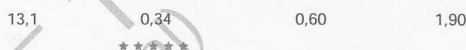
Parede exterior na zona da claraboia, com isolamento térmico pelo interior e pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 32,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,18 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m<sup>2</sup>.°C/W); lâ de rocha 70 kg/m<sup>3</sup> com 10 cm de espessura (R=2,50 m<sup>2</sup>.°C/W); elemento de betão armado com 10 cm de espessura (R=0,05 m<sup>2</sup>.°C/W); sistema de impermeabilização (R=0,022 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m<sup>2</sup>.°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, pintado à cor clara (coeficiente de absorção=0,4) e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m<sup>2</sup>.°C/W).



Parede interior em contacto com espaço não úteis (garagem do piso -1 com btr=0,60) com isolamento térmico na face do espaço não útil, com espessura total de 20,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,47 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m<sup>2</sup>.°C/W); pano de alvenaria simples em tijolo cerâmico furado 30x20x11 (R=0,27 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em lâ de rocha de 70 kg/m<sup>3</sup> com 6 cm de espessura (R=1,50 m<sup>2</sup>.°C/W); placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m<sup>2</sup>.°C/W).



Parede interior em contacto com espaço não úteis (garagem do piso -1 com btr=0,60) com isolamento térmico na face do espaço não útil, com espessura total de 39,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,34 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m<sup>2</sup>.°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em lâ de rocha de 70 kg/m<sup>3</sup> com 6 cm de espessura (R=1,50 m<sup>2</sup>.°C/W); placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m<sup>2</sup>.°C/W).



Parede interior em contacto com espaço não úteis (ductos com btr=0,80 e 0,90) com isolamento térmico pelo interior, com espessura total de 24,3 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,28 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em placas de gesso cartonado com 1,3 cm de espessura (R=0,052 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em lâ de rocha de 70 kg/m<sup>3</sup> com 6 cm de espessura (R=1,50 m<sup>2</sup>.°C/W); pano de alvenaria simples em tijolo cerâmico furado 30x20x11 (R=0,27 m<sup>2</sup>.°C/W); envolvimento de tubagens com isolamento térmico em lâ de rocha de 70 kg/m<sup>3</sup> com 5 cm de espessura (R=1,50 m<sup>2</sup>.°C/W).

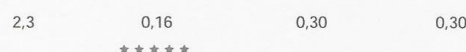


Parede interior em contacto com espaço não úteis (teto falso exterior da fachada Sul - Sala com btr=1) com isolamento térmico pelo exterior em sistema ETICS, com espessura total de 42,5 cm e coeficiente de transmissão térmica de 0,25 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m<sup>2</sup>.°C/W); pano de alvenaria simples em bloco térmico BTE30 com 30 cm de espessura (R=1,05 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,703 m<sup>2</sup>.°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro e espessura de 0,5 cm (R=0,004 m<sup>2</sup>.°C/W).



### Coberturas

Cobertura exterior plana com cerca de 48,8 cm de espessura, com isolamento térmico pelo interior e exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente e descendente de 0,16 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: placa de gesso cartonado com 1,3 cm (R=0,052 m<sup>2</sup>.°C/W); lâ de rocha 70 kg/m<sup>3</sup> com 10 cm de espessura (R=2,50 m<sup>2</sup>.°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 5 cm (Rasc=0,16 m<sup>2</sup>.°C/W e Rdesc=0,21 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m<sup>2</sup>.°C/W); sistema de impermeabilização (R=0,022 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m<sup>2</sup>.°C/W); proteção exterior pesada em godo de cor clara (coeficiente de absorção=0,4).



Cobertura exterior plana com cerca de 48,8 cm de espessura, com isolamento térmico pelo exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente e descendente de 0,28 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m<sup>2</sup>.°C/W); sistema de impermeabilização (R=0,022 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m<sup>2</sup>.°C/W); proteção exterior pesada em godo de cor clara (coeficiente de absorção=0,4).



Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

6 de 12





**Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS**

## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228



Cobertura exterior plana com cerca de 63,3 cm de espessura, com isolamento térmico pelo interior e exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,13 W/(m<sup>2</sup>.°C) e descendente de 0,12 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: placa de gesso cartonado com de 1,3 cm (R=0,052 m<sup>2</sup>.°C/W); laje de rocha 70 kg/m<sup>3</sup> com 10 cm de espessura (R=2,50 m<sup>2</sup>.°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 5 cm (Rasc=0,16 m<sup>2</sup>.°C/W e Rdesc=0,21 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m<sup>2</sup>.°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 9 cm (Rasc=0,16 m<sup>2</sup>.°C/W e Rdesc=0,22 m<sup>2</sup>.°C/W); Chapas metálicas em painéis sanduiche de cor clara (coeficiente de absorção=0,4) com 6 cm de isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano (PUR) (R=1,622 m<sup>2</sup>.°C/W).

48,1	0,13	0,30	0,30
*****			

Cobertura exterior plana com cerca de 49 cm de espessura, com isolamento térmico pelo exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,19 W/(m<sup>2</sup>.°C) e descendente de 0,18 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m<sup>2</sup>.°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 9 cm (Rasc=0,16 m<sup>2</sup>.°C/W e Rdesc=0,22 m<sup>2</sup>.°C/W); Chapas metálicas em painéis sanduiche com 6 cm de isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano (PUR) (R=1,622 m<sup>2</sup>.°C/W).

93,8	0,19	0,30	0,30
*****			

Cobertura exterior inclinada com cerca de 40 cm de espessura, com isolamento térmico pelo exterior, coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente e descendente de 0,19 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 12 cm de espessura (R=3,243 m<sup>2</sup>.°C/W); Chapas metálicas em painéis sanduiche de cor clara (coeficiente de absorção=0,4) com 6 cm de isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano (PUR) (R=1,622 m<sup>2</sup>.°C/W).

50,7	0,19	0,30	0,30
*****			

Cobertura interior em contacto com espaço não útil (ducto com btr=0,90) com isolamento térmico na face superior da laje, espessura total de 34 cm e coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,30 W/(m<sup>2</sup>.°C) e do fluxo descendente de 0,29 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de teto em estuque projetado com 2 cm de espessura (R=0,047 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m<sup>2</sup>.°C/W); laje de rocha 70 kg/m<sup>3</sup> com 12 cm de espessura (R=3,00 m<sup>2</sup>.°C/W).

3,9	0,30	0,30	0,30
*****			

Cobertura interior em contacto com espaço não útil (ducto com btr=0,80) com isolamento térmico na face superior da laje, espessura total de 48,3 cm e coeficiente de transmissão térmica superficial do fluxo ascendente de 0,17 W/(m<sup>2</sup>.°C) e do fluxo descendente de 0,16 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: placa de gesso cartonado com de 1,3 cm (R=0,052 m<sup>2</sup>.°C/W); laje de rocha 70 kg/m<sup>3</sup> com 10 cm de espessura (R=2,50 m<sup>2</sup>.°C/W); espaço de ar confinado com altura média de 5 cm (Rasc=0,16 m<sup>2</sup>.°C/W e Rdesc=0,21 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,10 m<sup>2</sup>.°C/W); laje de rocha 70 kg/m<sup>3</sup> com 12 cm de espessura (R=3,00 m<sup>2</sup>.°C/W).

0,4	0,17	0,30	0,30
*****			

### Pavimentos

Pavimento exterior com isolamento térmico pelo exterior, com 47,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica do fluxo ascendente de 0,21 W/(m<sup>2</sup>.°C) e do fluxo descendente de 0,20 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituída a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura (R=0,008 m<sup>2</sup>.°C/W); camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura (R=0,031 m<sup>2</sup>.°C/W); sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS (R=0,541 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura (R=1,081 m<sup>2</sup>.°C/W); camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 6 cm de espessura (R=0,214 m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura (R=0,100 m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura (R=2,00 m<sup>2</sup>.°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm (R=0,004 m<sup>2</sup>.°C/W).

16,9	0,20	0,30	0,30
*****			

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

7 de 12



**Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS**

## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação

TEMP136466228



Pavimento em contacto com o solo com cerca de 32 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica ( $U_{bf}$ ) de 0,30 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituído a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura ( $R=0,008$  m<sup>2</sup>.°C/W); revestimento interior de piso com 1 cm de espessura ( $R=0,008$  m<sup>2</sup>.°C/W); camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura ( $R=0,031$  m<sup>2</sup>.°C/W); sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS ( $R=0,541$  m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura ( $R=1,081$  m<sup>2</sup>.°C/W); camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 6 cm de espessura ( $R=0,214$  m<sup>2</sup>.°C/W); tela anti condensação; laje térrea em betão armado com malhassol, com 15 cm de espessura ( $R=0,075$  m<sup>2</sup>.°C/W); manta geotêxtil; tout-venant compactado.

12,0 0,30 0,00 -  
★★★★★

Pavimento interior em contacto com espaço não útil (garagem do piso -1 com  $b_{tr}=0,60$  e arrumo do piso -1 com  $b_{tr}=0,30$ ) com isolamento térmico na face superior da laje, com 39 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica do fluxo ascendente de 0,46 W/(m<sup>2</sup>.°C) e do fluxo descendente de 0,43 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituído a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura ( $R=0,008$  m<sup>2</sup>.°C/W); camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura ( $R=0,031$  m<sup>2</sup>.°C/W); sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS ( $R=0,541$  m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura ( $R=1,081$  m<sup>2</sup>.°C/W); camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 6 cm de espessura ( $R=0,214$  m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura ( $R=0,100$  m<sup>2</sup>.°C/W); revestimento de teto do ENU em reboco tradicional com 2 cm de espessura ( $R=0,015$  m<sup>2</sup>.°C/W).

164,3 0,43 0,50 1,20  
★★★★★

Pavimento interior em contacto com espaço não útil (zona técnica do piso -1 com  $b_{tr}=1,0$ ) com isolamento térmico na face inferior da laje, com 45,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica do fluxo ascendente de 0,23 W/(m<sup>2</sup>.°C) e do fluxo descendente de 0,22 W/(m<sup>2</sup>.°C), constituído a partir do interior por: revestimento interior de piso com 1 cm de espessura ( $R=0,008$  m<sup>2</sup>.°C/W); camada de regularização/assentamento com 4 cm de espessura ( $R=0,031$  m<sup>2</sup>.°C/W); sistema de piso radiante com 2 cm de isolamento térmico em XPS ( $R=0,541$  m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico XPS com 4 cm de espessura ( $R=1,081$  m<sup>2</sup>.°C/W); camada de enchimento em betão leve de agregados de poliestireno expandido com 6 cm de espessura ( $R=0,214$  m<sup>2</sup>.°C/W); laje maciça em betão armado com 20 cm de espessura ( $R=0,100$  m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 8 cm de espessura ( $R=2,00$  m<sup>2</sup>.°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm ( $R=0,004$  m<sup>2</sup>.°C/W).

7,2 0,22 0,30 0,30  
★★★★★

### Pontes Térmicas Planas

Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, com 42,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de 0,30 W/(m<sup>2</sup>.°C/W), constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura ( $R=0,047$  m<sup>2</sup>.°C/W); forra térmica com 5 cm de espessura ( $R=0,29$  m<sup>2</sup>.°C/W); elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura ( $R=0,125$  m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura ( $R=2,703$  m<sup>2</sup>.°C/W); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, cor clara (coeficiente de absorção=0,4) e espessura de 0,5 cm ( $R=0,004$  m<sup>2</sup>.°C/W).

1,2  
N  
4,1 6,5 0,30 0,35  
☆☆☆☆☆

Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, e fachada ventilada, com 49,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de 0,29 W/(m<sup>2</sup>.°C/W), constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura ( $R=0,047$  m<sup>2</sup>.°C/W); forra térmica com 5 cm de espessura ( $R=0,29$  m<sup>2</sup>.°C/W); elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura ( $R=0,125$  m<sup>2</sup>.°C/W); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura ( $R=2,703$  m<sup>2</sup>.°C/W); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm ( $R=0,004$  m<sup>2</sup>.°C/W); espaço de ar ventilado; revestimento exterior em réguas de madeira maciça IPÉ de cor escura (coeficiente de absorção=0,8).

0,1 4,3 0,29 0,35  
☆☆☆☆☆

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

8 de 12





Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS

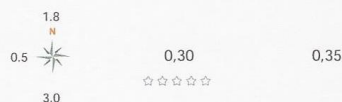
## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação

TEMP136466228



Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, com 44,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de  $0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C/W)}$ , constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura ( $R=0,047 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); forra térmica com 5 cm de espessura ( $R=0,29 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura ( $R=0,125 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 10 cm de espessura ( $R=2,703 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); acabamento exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro, espessura de 0,5 cm ( $R=0,004 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); revestimento exterior em material cerâmico vermelho flamejado com 2 cm de espessura ( $R=0,015 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ) de cor média (coeficiente de absorção=0,5).



Ponte térmica plana exterior em caixas de estore com 15 cm de espessura, com isolamento térmico no interior da caixa e coeficiente de transmissão térmica de  $0,59 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ , constituída por: revestimento interior em estuque projetado com 2 cm de espessura ( $R=0,047 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); forra térmica com 5 cm de espessura ( $R=0,29 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); caixa de estores pré-fabricada em betão com 4 cm de espessura ( $R=0,020 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); isolamento térmico XPS com 4 cm ( $R=1,081 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ).



Ponte térmica plana em elementos estruturais de betão armado (pilares/talão de vigas) em contacto com espaços não úteis (teto falso da fachada Sul - Sala com btr=1,0), com isolamento térmico na face exterior do elemento estrutural, com 40,5 cm de espessura e coeficiente de transmissão térmica de  $0,35 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C/W)}$ , constituída a partir do interior por: estuque projetado com 2 cm de espessura ( $R=0,047 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); forra térmica com 5 cm de espessura ( $R=0,29 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); elemento estrutural em betão armado com 25 cm de espessura ( $R=0,125 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) com 8 cm de espessura ( $R=2,00 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ); acabamento final exterior em reboco delgado armado com rede de fibra de vidro e espessura de 0,5 cm ( $R=0,004 \text{ m}^2\cdot\text{°C/W}$ ).



\* Menores valores representam soluções mais eficientes.

### VÃOS ENVIDRAÇADOS

Descrição dos Elementos Identificados	Área Total e Orientação [m²]	Coef. de Transmissão Térmica* [W/m².°C]		Fator Solar	
		Solução	Referência	Vidro	Global
Vãos envidraçados verticais simples, com vidro duplo incolor com 8 mm + 16 mm de lâmina de ar + 6mm (fator solar g=0,52), caixilharia em alumínio com corte térmico, classe energética A ( $U_w=2,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ ), classe 4 no que diz respeito à permeabilidade ao ar, persiana de régua de plástico preenchidas com espuma ( $R=0,13 \text{ m}^2\cdot\text{°C}$ ), como proteção solar dos vãos (cor clara). $U_{wdn}=1,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ ; $g_T=0,04$ . Persiana de régua de plástico preenchidas com espuma.	22 N 6.6 35	5.2	1,80 *****	2,20	0,52 0,04
Vãos envidraçados verticais simples, com vidro duplo incolor com 8 mm + 16 mm de lâmina de ar + 6mm (fator solar g=0,52), caixilharia em alumínio com corte térmico, classe energética A ( $U_w=2,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ ), classe 4 no que diz respeito à permeabilidade ao ar, cortina interior opaca de cor clara como proteção solar dos vãos como proteção solar dos vãos (cor clara). $U_{wdn}=2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ ; $g_T=0,26$ . Cortina interior opaca de cor clara.	N 6.0	1.0	2,00 *****	2,20	0,52 0,26
Vãos envidraçados verticais simples, com vidro duplo incolor com 8 mm + 16 mm de lâmina de ar + 6mm (fator solar g=0,52), caixilharia em alumínio com corte térmico, classe energética A ( $U_w=2,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ ), classe 4 no que diz respeito à permeabilidade ao ar, lona opaca exterior de cor clara como proteção solar dos vãos como proteção solar dos vãos (cor clara). $U_{wdn}=2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ ; $g_T=0,04$ . Lona opaca exterior de cor clara.	N 2.6	4.0	2,00 *****	2,20	0,52 0,04

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral  
de Energia e Geologia

9 de 12



## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228



Vão envidraçado horizontal simples, com vidro duplo incolor com 8 mm + 16 mm de lâmina de ar + 6mm (fator solar  $g=0,52$ ), caixilharia em alumínio com corte térmico, classe energética A ( $U_w=2,00 \text{ W/(m}^2\cdot^\circ\text{C)}$ ), classe 4 no que diz respeito à permeabilidade ao ar, cortina interior opaca de cor clara como proteção solar dos vãos como proteção solar dos vãos (cor clara).  $U_{wdn}=2,17 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  (valor corrigido para elemento horizontal);  $g_T=0,26$ . Cortina interior opaca de cor clara.



2,17      2,20      0,52      0,26  
\*\*\*\*\*

\* Menores valores representam soluções mais eficientes.

## SISTEMAS TÉCNICOS E VENTILAÇÃO

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Nominal [kW]	Desempenho Nominal*	
				Solução	Ref.
<b>Chiller</b>					
Bomba de calor aerotérmica do tipo ar-água interligada a circuitos hidráulicos distribuídos pela zona térmica da habitação através de piso radiante, permitindo o aquecimento e arrefecimento ambiente dos espaços. A eficiência da bomba de calor a instalar será de 4,20 para aquecimento ambiente (COP) e 4,50 para arrefecimento ambiente (EER). O contributo de energia renovável do equipamento será de 801 kWh/ano para aquecimento e 346 kWh/ano, valores determinados com recurso ao software da DGE para avaliação de sistemas de fontes de energias renováveis.	❌	2.406,35	10,87	4,20	3,00
	✅	550,95	9,61	4,50	2,90

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Produção de Energia [kWh/ano]	Área total [m²]	Produtividade* [kWh/m².coletor]	
				Solução	Ref.
<b>Painel solar térmico</b>					
Sistema solar térmico do tipo circulação forçada composto por três coletores solares planos com área total de abertura de 7,28 m². Os coletores devem ser instalados na cobertura exterior da habitação, sobre suporte metálico, com orientação a Sul. O coletor deverá estar associado a um depósito de acumulação com capacidade não inferior a 300 litros. O contributo energético do sistema é de 2954 kWh/ano, valor obtido com recurso ao software da DGE para avaliação de sistemas de fontes de energias renováveis.	✅	2.954,00	7,28	405,77	551,00

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Nominal [kW]	Perdas estáticas	
				Solução	Máximo
<b>Termoacumulador</b>					
As necessidades energéticas de preparação de águas quentes sanitárias serão maioritariamente satisfeitas pelo sistema solar térmico a instalar, sendo o sistema de apoio um termoacumulador elétrico com potência de 2 kW e uma capacidade de acumulação de 300 litros. A eficiência do sistema deverá ser igual ou superior a 95% e as perdas estáticas não devem ultrapassar o valor de 3,83 kWh/24h. Para minimizar perdas térmicas, a rede de distribuição de água quente deverá possuir isolamento térmico com espessura não inferior a 10 mm e os chuveiros a instalar deverão possuir rótulo com etiqueta energética A ou superior.	✅	268,77	2,00	1,00	3,83

\*Valores menores representam soluções mais eficientes.

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direção Geral de Energia e Geologia

10 de 12






Certificação Energética  
e Ar Interior  
EDIFÍCIOS




## Pré-Certificado Energético

Edifício de Habitação  
TEMP136466228






Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Nominal [kW]	Desempenho Nominal*	
				Solução	Ref.
Recuperador de calor					
A arquitetura da habitação em análise possui uma representação de uma lareira instalada na sala. De modo a otimizar recursos é aconselhável a instalação neste espaço de um recuperador de calor a combustível sólido (biomassa – fonte de energia de origem renovável). O equipamento a instalar deverá apresentar uma eficiência igual ou superior a 75%. A instalação do recuperador de calor permitirá servir a fração em 20% da sua área útil.		3.368,88	12,00	0,75	0,89

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Produção de Energia [kWh/ano]	Área Total [m²]	Produtividade* [Wh/Wp]
Paineis fotovoltaicos				
Instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo composto por 12 módulos de montagem fixa. Os módulos devem ser instalados na cobertura do edifício, sobre suporte metálico, com orientação a Sul. A produção energética do sistema estima-se em 1751 kWh/ano sendo que a parcela de autoconsumo será apenas de 328 kWh/ano, valor este correspondente ao Eren, a restante energia será fornecida à rede. Assumiu-se, para efeitos de cálculo do balanço energético, que apenas 50% do valor do Eren será usado para cobrir as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento, os restantes 50% serão usados nos consumos de iluminação e equipamentos domésticos (frigoríficos, TVs, etc.). O valor do Eren foi obtido com recurso ao software da DGEG para avaliação de sistemas de fontes de energias renováveis.		131,20	17,20	1.454,00
		32,80		
		164,00		

\*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Produção de Energia [kWh/ano]
Aerogerador		
A moradia em análise possui uma área de terreno que permite a instalação de um aerogerador. Neste sentido propõe-se a instalação de um aerogerador para autoconsumo, por exemplo uma turbina do tipo Evance R9000 (ou equivalente) com potência nominal de 4,95 kW. Para efeitos de cálculo da produção energética foram consideradas 500 horas de tempo equivalente de funcionamento à potência nominal (NEPs). Nestas condições prevê-se uma produção energética anual de 2475 kWh, sendo que a parcela para autoconsumo (Eren) será de 1481 kWh/ano os restantes 994 kWh/ano serão injetados na rede. Assumiu-se, para efeitos de cálculo do balanço energético, que apenas 50% do valor do Eren será usado para cobrir as necessidades energéticas de aquecimento (40%) e arrefecimento (10%), os restantes 50% serão usados nos consumos de iluminação e equipamentos domésticos (frigoríficos, TVs, etc.). O valor do Eren foi obtido com recurso ao software da DGEG para avaliação de sistemas de fontes de energias renováveis.		592,40
		148,10
		740,50

Entidade Gestora



AGÊNCIA PARA A ENERGIA

Entidade Fiscalizadora



Direcção Geral  
de Energia e Geologia

11 de 12

	<b>Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS</b>	<b>Pré-Certificado Energético</b> Edifício de Habitação TEMP136466228			
<b>Descrição dos Elementos Identificados</b>	<b>Uso</b>	<b>Taxa nominal de renovação de ar (h<sup>-1</sup>)</b>			
		<b>Solução</b>	<b>Mínimo</b>		
<b>Ventilação</b>  Ventilação mista com recurso a extratores de funcionamento contínuo a instalar nas instalações sanitárias. Cada instalação sanitária deverá possuir um extrator com caudal médio de extração de 100 m <sup>3</sup> /h. A insuflação deverá ser efetuada de forma natural através da instalação de 7 grelhas auto-reguláveis, garantindo um caudal de 315 m <sup>3</sup> /h. Assim, a taxa de renovação do ar interior é igual a 0,56 h <sup>-1</sup> (aquec) / 0,60 h <sup>-1</sup> (arref) para efeitos de cálculo, sendo a taxa de renovação nominal igual a 0,45 h <sup>-1</sup> .		0,45	0,40		
<b>Legenda:</b>					
<b>Uso</b>					
 Aquecimento Ambiente	 Arrefecimento Ambiente	 Água Quente Sanitária	 Outros Usos (Eren, Ext)	 Ventilação e Extração	
<b>Entidade Gestora</b>  AGÊNCIA PARA A ENERGIA				<b>Entidade Fiscalizadora</b>  Direcção Geral de Energia e Geologia	12 de 12